Min. d. Innern

de

Phys. g.
174 c

Hoffmann

19

Lehrbuch
der
allgemeinen Physik,
zu
öffentlichen Vorlesungen und zum Selbstunterrichte für Anfänger,

entworfen
von

Joh. Jos. Ign. Hoffmann,

Schulrathe, Director des K. Lyceums und der K. Gymnasial-Anstalt zu Aschaffenburg, Professor der Mathematik und Physik am K. Lyceum, erstem Professor am K. Forstinstitute, Mitgliede der Wetterauischen Gesellschaft für die gesammte Naturkunde und der Kaiserl. Leopoldinisch-Carolinischen Academie der Naturforscher zu Bonn.

Mit drey Steindruck-Tafeln.

Mainz, 1821.
Bey Florian Kupferberg.

Bayerische Staatsbibliothek München

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS.

Bayerische
Staatsbibliothek
München

Seiner Excellenz,

dem

Königlich-Baierischen Kämmerer, wirklichen Geheimen- und Staats-Rathe,

Ignatz, Freyherrn von Gruben,

Commandeur des Civilverdienst-Ordens der Baierischen Krone und Großkreutz des Concordien-Ordens,

dem

hochverdienten Staatsmanne,

welcher

Sich früher an der Spitze des Fürstlichen Cabinets und später an jener der Königlichen Hofcommission für das Fürstenthum Aschaffenburg durch eine lange Reihe von Jahren als Freund des Vaterlandes, des Fürsten und der Unterthanen erwiesen, den öffentlichen Unterricht und vorzüglich das Forstlehrinstitut dahier in besondern Schutz genommen, und dem Studium der Mathematik und Physik stets ausgezeichnete Theilnahme geschenkt hat,

widmet diese Schrift,

zum

öffentlichen Beweise seiner unwandelbaren Verehrung,

der

Verfasser.

Vorerinnerung
und
Inhaltsverzeichniß.

Alle Naturwissenschaften stehen in der innigsten Verbindung. Naturgeschichte, Physik, Chemie und Physiologie bieten sich zur Erkenntniß des Körperlichen schwesterlich die Hände, und durch die Lehren der Mathesis werden die wirkenden Naturkräfte sodann nach ihrem Maase bestimmt. Die Philosophie, als Naturwissenschaft des Geistes, leitet die Untersuchung in ein anderes Gebiet und erhebt sich zum höchsten Gipfel menschlicher Forschungen. Sie weiset den Grund und Zusammenhang der Wissenschaften, als Geburten des menschlichen Geistes nach und zeigt, daß alle, von einem gemeinschaftlichen Bande umschlungen, auch zum gemeinsamen Ziele: zur Veredlung des Menschen hinwirken.

Das unermeßliche Gebiet der Naturwis-
senschaft überhaupt hat es nothwendig ge-
macht, sie in kleinere Abschnitte zu theilen. Es
wurde die Erforschung des Geistigen von der
Ergründung des Körperlichen getrennt; jenes
der Philosophie im weitesten Sinne des Wor-
tes; dieses aber der Naturwissenschaft in enge-
rer Bedeutung zugetheilt. Daß diese wissen-
schaftliche Kenntniß körperlicher Wesen und
ihrer Erscheinungen den Namen Natur-Wis-
senschaft erhielt, hatte wohl in dem Gegen-
satze zwischen Natur und Geist, zwischen
Nothwendigkeit und Freyheit, zwischen
Materiell und Immateriell seinen Grund.

Da die Naturforschung am Zweckmäßig-
sten mit einer historischen Kenntniß der Natur-
körper beginnt, so tritt die Naturgeschichte
als ihre erste und sichere Grundlage hervor.
Nun stehen aber die unorganischen und organi-
schen Wesen in steter Wechselwirkung und ver-
anlassen hierdurch mancherley Erscheinungen.
Diese aufzufinden, ihre Gesetzmäßigkeit und
ihre Gründe nachzuweisen, ist sodann die Auf-
gabe der Physik in weiterer Bedeutung und

der Physiologie. Beyden leistet die Chemie wichtige Hülfe, indem sie das Zusammengesetzte bis zu seinen einfachsten Bestandtheilen verfolgt und aus diesen Elementarstoffen wiederum herstellt.

Je enger nun das Band ist, welches alle Naturwissenschaften des Körperlichen umschlingt, desto schwieriger ist es, jeder ihre scharf bestimmte Grenzen anzuweisen. Daher erscheinen viele ältere und neuere Lehrbücher der Chemie und Physik von so höchst verschiedenem Inhalte, indem man bald mehr, bald weniger chemische Lehren in den Umfang der Physik; bald auch umgekehrt physische Lehren in die Chemie aufgenommen hat. Eben so wenig ist die Grenzlinie zwischen der allgemeinen und besondern Physik mit Schärfe gezogen. Auch greift die angewandte Mathematik bald mehr, bald minder in das Innere der Physik ein. Da es zu wünschen ist, daß, bey den so sehr raschen Fortschritten der Naturwissenschaften, das Gebiet ihrer einzelnen Abtheilungen möglichst bestimmt werde, damit ihre Grenzen wenigstens nicht allzusehr in einander eingreifen,

so scheinen unmaßgebliche Vorschläge hierüber nicht am unrechten Orte zu seyn.

Die Naturgeschichte hat die historische Kenntniß der Naturkörper unserer Erde und deren systematische Zusammenstellung nach ihren wesentlichen Kennzeichen zum Gegenstande. Bey den erweiterten Fortschritten der neuern Chemie darf sich der Naturhistoriker nicht blos mit den gewöhnlichen, äusserlich sinnlichen Merkmalen begnügen, sondern muß jene heterogene Grundstoffe in seine Beschreibungen aufnehmen, welche die Bemühung der Chemiker in ihnen entdeckt hat. Diese chemische Hülfslehren sind nicht ohne Nachtheil von der Naturgeschichte zu trennen.

Die eigentliche Physik scheint am Natürlichsten, und am Zweckmäßigsten für den Vortrag, in die allgemeine und besondere getheilt werden zu können. Jene handelt zuerst von dem Körperlichen überhaupt, weil dieses jeder besondern physischen Betrachtung zur Grundlage dient, und sodann von den allgemeinsten Erscheinungen der festen, liquiden und luftförmigen Stoffe, weil Festig-

keit, Liquidität und Luftförmigkeit die drey wichtigsten Aggregat-Zustände sind, worunter uns die Naturkörper erscheinen. Nach dieser Uebersicht sind die Grundlehren der allgemeinen Physik in nachfolgender Schrift durchgeführt, welche, gleichwie sie zum Leitfaden meiner Vorlesungen dient, vielleicht auch von Andern, als erste Grundlage des physischen Studiums, bey dem öffentlichen oder Privatunterichte so nützlich gebraucht werden dürfte, wie dieses bey meinen mathematischen Lehrbüchern seither der Fall war.

Die besondere Physik hat zum Gegenstande die Erscheinungen und Gesetze der Wärme, einen allgemeinen Abriß der Lehre von der chemischen Verwandtschaft, von den Dämpfen und Gasen, dann die Phänomene und Gesetze der Electricität, des Galvanismus und des Magnetismus; endlich die Lehre von den Meteoren, wenn diese Erscheinungen nicht schon in den früheren Abschnitten einzeln betrachtet worden sind.

Die Chemie enthält, außer einer allgemeinen ausführlichen Einleitung, die vollstän-

dige Lehre von der chemischen Verwandtschaft, von den Gasen, von den Alcalien, Erden, Metallen, Säuren und von den organisirten Körpern; dergestalt, daß allgemeine Physik, besondere Physik und Chemie, drey innigst zusammenhängende, doch aber für sich bestehende Lehren sind, deren jede durch die unmittelbar vorhergehende zum Theil erst begründet wird.

Obwohl einige Theile der angewandten Mathematik, z. B. die Hydrostatik und Aerometrie, mit der Lehre von den Erscheinungen tropfbar-flüßiger und luftförmiger Körper in der allgemeinen Physik auf das Innigste verbunden sind, so läßt sich die Grenzlinie beyder sehr einfach dahin bestimmen, daß die angewandte Mathematik jene physische Lehren durch Hülfe der Geometrie und Algebra, oder auch der Mechanik, weiter ausgeführt, als dieses in der Physik geschieht. Diese weiset z. B. das Phänomen von dem Aufsteigen des Wassers in der Saug- und Druckpumpe befriedigend nach; jene aber berechnet die zu ihrer Bewegung nöthige Kraft; diese gibt den Grund

der Erscheinung an, daß die Quecksilbersäule im Barometerrohre allmählig verkürzt wird, wenn man sich stufenmäßig höher über die Erdoberfläche erhebt; jene aber gründet durch Anwendung mathematischer Formeln das so interessante Höhenmessen vermittelst des Barometers darauf; diese erklärt das Aufsteigen des Luftschiffes genügend; jene aber unterwirft die hierbey wirksame Kraft und Gegenkraft einer genauen Rechnung und leitet aus allgemeinen Formeln mancherley wichtige Resultate ab u. s. w.

Will man den Faden naturwissenschaftlicher Forschung noch weiter führen, so mögen Naturgeschichte, Physik, Chemie, angewandte Mathematik und Physiologie ihre Ergebnisse zusammentragen, um die ersten Grundzüge zu einer Geschichte des Erdkörpers zu entwerfen. Will man sich endlich durch Benützung aller Materialien zu einer wahrhaft brauchbaren Naturphilosophie erheben, so kann dieses nur auf dem Wege jener besonnenen philosophischen Forschung geschehen, welche, die gemein-sinnliche Erfahrung nicht verschmähend, das Gesetz des Geistigen aus der wahrgenom-

menen Wechselwirkung des Körperlichen mit Sicherheit aufzufinden versteht.

Der nähere Inhalt gegenwärtiger Schrift geht aus nachfolgender Uebersicht hervor.

Einleitung

in die

Physik überhaupt.

		Seite.
I.	Doppelte Quelle der Erkenntnisse .	1
II.	Gegensatz des Körperlichen und des Geistigen	1
III.	Phänomene überhaupt. Ihre Verschiedenheit. Aeussere und innere Welt .	1
IV.	Gegensatz der Nothwendigkeit und der Freyheit	2
V.	Naturwissenschaft im weitesten Sinne des Wortes	2
VI.	Naturwissenschaft im engeren Sinne .	3
VII.	Naturwissenschaft in noch engerm Sinne	3
VIII.	Naturwissenschaft im engsten Sinne, oder Physik. Allgemeine und besondere Physik	3
IX.	Natur als Wirkung und als Ursache .	4
X.	Natürlich, künstlich, unnatürlich, widernatürlich, wunderbar und magisch .	4
XI.	Dreyfaches Geschäft des Naturforschers	5

		Seite.
XII.	Doppelter Weg zur Erkenntniß der Naturerscheinungen zu gelangen . .	5
XIII.	Erfahrung im allgemeinen und besondern Sinne	6
XIV.	Beobachtungen und Versuche . .	6
XV.	Ihr Gemeinschaftliches und Unterschiedenes	7
XVI.	Erforderniſſe zu brauchbaren Beobachtungen und Versuchen . . .	7
XVII.	Werkzeuge oder Instrumente. Physischer Apparat	8
XVIII.	Eigenschaften der Werkzeuge . .	8
XIX.	Werth der Beobachtungen und Versuche	8
XX.	Beobachtungen und Versuche als solche bilden noch keine Wissenschaft . .	9
XXI.	Begriff der Naturgesetze . . .	9
XXII.	Methode, sie durch Abstraction zu finden	10
XXIII.	Nothwendige Vorsicht dabey . .	11
XXIV.	Anwendung der Naturgesetze . .	11
XXV.	Methode, sie durch Speculation aufzufinden	11
XXVI.	Nutzen der Naturgesetze . .	12
XXVII.	Die Kenntniß der Naturgesetze befriedigt nicht vollkommen das Streben des Geistes	13
XXVIII.	Erklärung der Naturerscheinungen .	13
XXIX.	Cathegorische und hypothetische Erklärungen	14
XXX.	Die hypothetische Erklärungsweise .	15
XXXI.	Entstehungsgrund der Hypothesen .	15

		Seite.
XXXII.	Eigenschaften annehmbarer Hypothesen	16
XXXIII.	Verhalten des Naturforschers gegen mangelhafte Hypothesen . .	17
XXXIV.	Werth der Hypothesen . .	17
XXXV.	Die Newtonischen Regeln . .	18
XXXVI.	Die erste Regel Newton's . .	18
XXXVII.	— zweyte — — — . .	19
XXXVIII.	— dritte — — — . .	19
XXXIX.	— vierte — — — . .	19
XL.	Die Hülfswissenschaften zur Physik	20
XLI.	Die Mathematik als Hülfslehre .	20
XLII.	Die Naturgeschichte als Hülfslehre	20
XLIII.	Die Chemie als Hülfslehre . .	21
XLIV.	Nutzen des Studiums der Physik .	22

Erste Abtheilung.

Materie im Allgemeinen.

§. 1.	Der mathematische und physische Körper. Materie und Volum . .	23
§. 2.	Streben des Geistes, das Wesen der Materie zu erforschen. Die dynamische und atomistische Lehre	25
§. 3.	Grundsätze des dynamischen Systems. Die zurückstoßende und die anziehende Kraft. Grundkräfte der Materie .	25
§. 4.	Folgerungen hieraus . . .	27
§. 5.	Anwendung dieser Lehre zur Erklärung der Verschiedenheit der Materie .	28

		Seite.
§. 6.	Lehrsätze des atomistischen Systems. Begriff der Atome	29
§. 7.	Folgerungen hieraus	29
§. 8.	Erklärung der Verschiedenheit der Materie	30
§. 9.	Critik des dynamischen Systems .	30
§. 10.	Critik des atomistischen Systems .	32
§. 11.	Werth jeder dieser beyden Ansichten der Natur	32
§. 12.	Die allgemeinen Eigenschaften der Materie	34
§. 13.	Die Undurchdringlichkeit und scheinbare Durchdringung der Materie . .	35
§. 14.	Die Ausdehnung und ihre Grenzen. Bestimmte körperliche Formen . .	36
§. 15.	Die Theilbarkeit. Mechanische und chemische Theilung	37
§. 16.	Die Beweglichkeit und die Bewegung. Die Zeit und der Raum . . .	40
§. 17.	Die Schwere. Lothrechte Linie. Waagrechte Ebene. Horizontallinie . .	42
§. 18.	Materie, Masse, Gewicht. Alles Materielle ist gleich schwer . . .	45
§. 19.	Das absolute und respective Gewicht. Specifische Schwere der Körper . .	47
§. 20.	Begriff der Dichtheit aus jenem von Volum und Masse	48
§. 21.	Mathematische Verhältnisse der Dichtheit	49
§. 22.	Erklärung einiger mathematischen Formeln in Bezug auf die Dichtheit .	51
§. 23.	Die Porosität der Körper . . .	53

		Seite.
§. 24.	Die Formen der Materie oder der Aggregatzustand der Körper . . .	54
§. 25.	Die festen Körper. Abstufungen der Festigkeit	55
§. 26.	Die harten und weichen Körper. Allmählige Uebergänge	55
§. 27.	Die dehnbaren und spröden Körper .	56
§. 28.	Die elastischen und unelastischen Körper	57
§. 29.	Die flüßigen Körper im Allgemeinen .	59
§. 30.	Die tropfbar-flüßigen Körper oder die liquiden Materien	60
§. 31.	Die expansio-flüßigen Körper oder die luftförmigen Stoffe	61
§. 32.	Die Dämpfe, Bedingnisse ihrer Bildung und Zersetzung . . .	61
§. 33.	Die Gase. Bedingungen ihrer Bildung und Zersetzung	62
§. 34.	Die vier Elemente der Peripatetiker .	63
§. 35.	Uebersicht der verschiedenen Aggregatzustände der Körper	64

Zweyte Abtheilung.

Erscheinungen fester Körper.

§. 36.	Verschiedene Grade der Festigkeit .	66
§. 37.	Mouschenbrök's Versuche über die Cohärenz der Metalle	67
§. 38.	Dessen Versuche über die Cohärenz der Hölzer	68
§. 39.	Begriff der Cristallisation und der Cristalle	69

Seite.
§. 40. Allgemeine Bedingungen zur Cristallisation 70
§. 41. Fernere Erläuterungen der Cristallisation 71
§. 42. Erklärung des Cristallisationswassers . 72
§. 43. Besondere Entstehungsarten der Cristalle 73
§. 44. Hauy's Verdienste um die Cristallisationslehre 74
§. 45. Was in dieser Lehre noch zu wünschen ist 75
§. 46. Die Formen organischer Körper . . 76
§. 47. Uebergang zu den Erscheinungen der Adhäsion 76
§. 48. Mouschenbrök's Versuche über die Adhäsion 77
§. 49. Die Adhäsion fester Körper mit liquiden 78
§. 50. Von Morveau's Versuche . . . 79
§. 51. Anwendungen hiervon . . . 79
§. 52. Gesetz der Adhäsion 80
§. 53. Feuchtwerden oder Nichtfeuchtwerden der festen Körper durch liquide . . 81
§. 54. Zerfließen oder Nichtzerfließen liquider Körper auf festen 82

Dritte Abtheilung.

Erscheinungen liquider Körper.

§. 55. Waagrechter Stand liquider Körper . 84
§. 56. Das Gesetz der Tropfenbildung liquider Körper 85
§. 57. Einwürfe dagegen und ihre Beantwortung 86

		Siete.
§. 58.	Concave Oberfläche liquider Körper in verschiedenen Gefäßen . . .	88
§. 59.	Convexe Oberfläche liquider Körper in mancherley Gefäßen . . .	89
§. 60.	Liquide Körper in übervollen Gefäßen .	89
§. 61.	Die Adhäsion erscheint als Flächenkraft	90
§. 62.	Stand liquider Körper um die, in sie eingetauchten festen	91
§. 63.	Das Verschütten oder Nichtverschütten liquider Körper	91
§. 64.	Nutzen der sogenannten Ausgüsse .	93
§. 65.	Stand liquider Körper zwischen Glasplatten	94
§. 66.	Verhalten flüßiger Körper in immer enger werdenden Röhren . . .	95
§. 67.	Erklärung und allgemeine Wirkung der Haarröhrchen	96
§. 68.	Mouschenbrök's Versuche mit Haarröhrchen	97
§. 69.	Einige Anwendungen der Lehre von den Haarröhrchen	98
§. 70.	Verhalten des Queckſilbers in gläsernen Haarröhrchen	99
§. 71.	Das Anziehen leichter Körper, welche auf Flüßigkeiten schwimmen . .	100
§. 72.	Das Zurückstoßen leichter, auf Flüßigkeiten schwimmender Körper . .	101
§. 73.	Uebergang zur sogenannten Hydrostatik	102
§. 74.	Waagrechter Stand liquider Körper in communicirenden Röhren . . .	103

		Seite.
§. 75.	Anwendungen davon auf die Wasserwaage, auf Wasserleitungen und auf Springbrunnen	103
§. 76.	Allseitiger Druck der Theilchen liquider Körper	105
§. 77.	Der Druck liquider Körper auf die Grundflächen der Gefäße	106
§. 78.	Den Druck liquider Körper auf die Grundfläche der Gefäße bestimmt die Größe dieser Grundfläche und die senkrechte Höhe der Flüssigkeit . .	107
§. 79.	Grund dieses merkwürdigen Phänomens der liquiden Körper . . .	109
§. 80.	Beseitigung eines Einwurfs dagegen .	110
§. 81.	Beschreibung und Wirkung von Wolf's anatomischem Heber . . .	111
§. 82.	Einrichtung und Wirkung des hydrostatischen Blasebalgs von s'Gravesand .	113
§. 83.	Einrichtung und Wirkung von Real's hydrostatischer Druckpresse . .	113
§. 84.	Der Seitendruck liquider Körper. Bestimmung seiner Stärke . . .	115
§. 85.	Bestimmung des gesammten Seitendrucks des Wassers in prismatischen Gefäßen .	116
§. 86.	Anwendungen davon auf den Wasserdruck gegen Dämme und auf die Segnerische Wassermaschine . . .	117
§. 87.	Verhalten der liquiden Körper von verschiedenem specifischem Gewichte in communicirenden Röhren . . .	119

Seite.

§. 88. Bestimmung des Gewichtsverlustes fester Körper in liquiden . . . 121
§. 89. Bestätigung durch Versuche . . . 122
§. 90. Das Verhalten specifisch schwererer fester Körper in liquiden . . . 123
§. 91. Mancherley Anwendungen hievon auf Kugeln von verschiedener Art, welche in verschiedene liquide Körper getaucht werden 126
§. 92. Fernere Bestätigung durch einen Versuch 126
§. 93. Das gegenseitige Verhalten liquider Körper von verschiedenem specifischem Gewichte 127
§. 94. Das Verhalten specifisch leichterer fester Körper in schwerern liquiden . . 129
§. 95. Specifisch leichtere Flüßigkeiten in schwerern 130
§. 96. Das Schwimmen fester Körper auf flüssigen 130
§. 97. Mancherley Folgerungen hieraus . 131
§. 98. Das Schweben eines festen Körpers in einem liquiden 132
§. 99. Das Schwimmen specifisch schwererer Körper auf leichtern liquiden . . 133
§. 100. Mancherley Anwendungen hievon auf beladene Schiffe, Metallschiffe, Schwimmgürtel, auf das Cartesianische Täucherchen 134
§. 101. Erklärung einiger hieher gehörigen mathematischen Formeln . . . 136
§. 102. Das Schwimmen in dem Wasser durch Anwendung der Muskelkraft . . 137

Seite.

§. 103. Erfordernisse zur Bestimmung des specifischen Gewichts der Körper . . 140
§. 104. Methoden, das specifische Gewicht der liquiden Körper zu bestimmen . . 142
§. 105. Bestimmung des specifischen Gewichts des reinen Wassers . . . 144
§. 106. Methoden, das specifische Gewicht fester Körper zu bestimmen . . . 145
§. 107. Einrichtung und Gebrauch des Nicholson'schen Areometers . . . 147
§. 108. Einrichtung der Areometer mit unveränderlichem Gewichte 149
§. 109. Einrichtung und Gebrauch des Areometers von Schmidt 150
§. 110. Uebersicht der specifischen Gewichte mehrerer Körper. Das Archimedische Problem und dessen Auflösung. . . . 152

Vierte Abtheilung.

Erscheinungen luftförmiger Körper.

§. 111. Allgemeine Uebersicht dieser Abtheilung 160
§. 112. Beweis, daß die Luft compressibel, elastisch und expansibel ist. Die Taucherglocke 161
§. 113. Erklärung des Torricellischen Versuchs 163
§. 114. Wichtige Folgerungen hieraus . . 166
§. 115. Anwendungen von dem Luftdrucke auf den Stechheber, auf die magische Kanne u. s. f. 167
§. 116. Erklärung und Erscheinungen des Zughebers und des Vexirbechers . . 170

Seite.
§. 117. Beschreibung der Einrichtung des Barometers 173
§. 118. Erfordernisse zu gut eingerichteten Barometern 175
§. 119. Das Barometer als Höhenmesser und als Wetterglas 178
§. 120. Künsteleyen an Barometern . . 181
§. 121. Maaß der Expansivkraft einer eingesperrten Luftmasse 182
§. 122. Einige Anwendungen davon . . 184
§. 123. Das Mariottische Gesetz . . . 185
§. 124. Anwendungen davon auf die Erscheinungen des Saugens, des Einathmens, des Zughebers, der Blasebälge, des Stechhebers, des unterbrochenen Hebers und des Heronsbrunnen . . . 189
§. 125. Wirkung der Wärme auf die Expansivkraft der Luft 195
§. 126. Die Wasserpumpen als Saugwerke und als Druckwerke 199
§. 127. Die Wasserspritzen 203
§. 128. Die Luftpumpe mit Hahn . . 206
§. 129. Allgemeine Wirkung der Luftpumpe . 208
§. 130. Einrichtung der Luftpumpe mit Ventilen 210
§. 131. Gegenseitige Vorzüge dieser Einrichtungen 212
§. 132. Einige andere Arten von Luftpumpen . 214
§. 133. Mancherley lehrreiche Versuche durch Hülfe der Luftpumpe . . . 216

		Seite.
§. 134.	Fernere Versuche mit der Luftpumpe .	221
§. 135.	Beschreibung der Compressionspumpe und ihres Gebrauches. Die Windbüchse	225
§. 136.	Verschiedene Arten von Elaterometern	228
§. 137.	Smeaton's Birnprobe . . .	231
§. 138.	Specifisches Gewicht der atmosphärischen Luft	232
§. 139.	Gewichts-Verlust der Körper in der Luft	234
§. 140.	Das Guerickeische Manometer . .	236
§. 141.	Grenze der Atmosphäre . . .	237
§. 142.	Erfindung des Luftschiffes . .	239
§. 143.	Uebergang zur Lehre vom Schalle .	245
§. 144.	Beschaffenheit des schallerregenden Körpers	247
§. 145.	Die Höhe und Tiefe des Tones .	249
§. 146.	Fernere Folgerungen daraus . .	251
§. 147.	Musicalische Grundverhältnisse . .	252
§. 148.	Erklärung der Schwingungsknoten .	254
§. 149.	Erklärung der Klangfiguren . .	256
§. 150.	Wirkung der schallerregenden Körper auf die Luft	259
§. 151.	Geschwindigkeit der Schallwellen .	261
§. 152.	Gleichförmiges Fortschreiten der Schallwellen	263
§. 153.	Abnahme der Stärke der Schallwellen .	264
§. 154.	Einfluß des Windes auf die Fortpflanzung der Schallwellen . . .	265

		Seite.
§. 155.	Einfluß der verschiedenen Dichtheit der Luft auf den Schall . . .	267
§. 156.	Fortpflanzung d. Schallvibrationen durch feste Körper	268
§. 157.	Reflexion der Schallwellen . .	271
§. 158.	Die Erscheinungen des Echo's . .	273
§. 159.	Die Schallstrahlen und ihre Anwendung	276
§. 160.	Das Sprachrohr und das Hörrohr .	278
§. 161.	Beschreibung des Ohrs und der Einwirkung der Luftschwingungen auf dasselbe	280

Einleitung
in die Physik überhaupt.

I.

Doppelte Quelle der Erkenntnisse.

Die menschlichen Erkenntnisse entspringen aus doppelter Quelle. Gleichwie uns die Sinne des Leibes eine unzählbare Menge äußerer Objecte zur Anschauung bringen, so schließet der innere Sinn die Fülle jener Wahrnehmungen auf, welche wir mit den Worten: Vorstellungen, Gefühle, Bestrebungen bezeichnen.

II.

Das Körperliche und das Geistige.

Hieraus geht der Gegensatz des Körperlichen und des Geistigen hervor. Körperlich heißen wir Alles, was die äußern Sinneswerkzeuge; geistig aber Jenes, was den innern Sinn afficirt.

III.

Phänomene. Ihre Verschiedenheit. Aeußere und innere Welt.

Jede mit Bewußtseyn verbundene Wahrnehmung heißt Erscheinung oder Phänomen.

Daher gibt es äußere und innere, oder körperliche und geistige Erscheinungen. Der Inbegriff aller körperlichen Phänomene wird Körperwelt (äußere Sinnenwelt), der Inbegriff der geistigen Erscheinungen aber Geisterwelt (geistige Welt, innere Sinnenwelt) genennt.

IV.

Gegensatz der Nothwendigkeit und Freyheit.

Alle äußere oder körperliche Erscheinungen stehen unter dem Gesetze der Nothwendigkeit, d. h. sie erfolgen nach unabänderlicher Gesetzmäßigkeit; z. B. das Fallen des nicht unterstützten Steines. Auch ein Theil der geistigen Phänomene ist der Nothwendigkeit unterworfen; z. B. die Grundgesetze des Denkens in ihren Anwendungen. Wenn A=B und A=C, so muß auch B=C seyn. Aber eine große Fülle dieser geistigen Erscheinungen hat zum Grundcharacter die Freyheit; z. B. die Aeusserungen der Willensbestimmung.

V.

Naturwissenschaft im weitesten Sinne.

Natur, im weitesten Sinne des Wortes, ist der Inbegriff aller körperlichen und geistigen Phänomene, welche für den Menschen erkennbar sind. Naturwissenschaft heißt die Wissenschaft von der Natur, d. h. eine Wissenschaft, welche die Erscheinungen der Natur und ihre Gründe kennen lehrt. Ihr Gebiet ist unermeßlich.

VI.

Naturwissenschaft im engeren Sinne.

Im engeren Sinne ist Naturwissenschaft die Lehre von den körperlichen Phänomenen und ihren Gründen; wodurch die geistigen Erscheinungen von ihr ausgeschlossen werden.

VII.

Naturwissenschaft in noch engerem Sinne.

Da es aber unorganische und organische Naturkörper gibt, so kann das Wort «Naturwissenschaft» in noch engerem Sinne genommen, und darunter die Wissenschaft von den Phänomenen der unorganischen Körper nebst ihren Ursachen verstanden werden. Die Lehre von den Erscheinungen des Lebens organischer Wesen heißt Physiologie.

VIII.

Naturwissenschaft im engsten Sinne, oder Physik. Allgemeine und besondere Physik.

Naturwissenschaft in der engsten Bedeutung, oder Physik ist die Lehre von den allgemeinsten Erscheinungen unorganisirter Stoffe und ihren Gründen, wobey die Körper nicht nach den Grundstoffen, sondern nach größern Massen betrachtet werden. Ihr zur Seite steht die Chemie, d. h. die Lehre von den Elementar-Stoffen der Naturkörper und ihrer

gesetzmäßigen Trennung und Verbindung. Beyde sind im innigsten Zusammenhange. Die Physik ist entweder eine allgemeine, welche von dem Materiellen überhaupt, von den Erscheinungen fester, liquider und luftförmiger Körper handelt; oder eine besondere, welche die Erscheinungen der Wärme, der chemischen Verwandtschaft im Allgemeinen, der Dämpfe und Gase auf gleiche Weise, dann die Phänomene der Electricität, des Galvanismus und Magnetismus zum Gegenstande hat.

IX.

Natur als Wirkung und als Ursache.

Gleichwie das Wort Natur den Inbegriff aller wahrnehmbaren Phänomene bezeichnet, so kann man darunter auch den Grund oder die Ursache dieser Erscheinungen verstehen. Denn da dem Erscheinenden, als dem Hervorgebrachten, das Hervorbringende entspricht, so muß auch dem Ausdrucke Natur dieser Doppelsinn von Wirkung und Ursache entsprechen. Die Stoiker unterschieden schon natura naturata und natura naturans.

X.

Natürlich, künstlich, unnatürlich, widernatürlich, wunderbar und magisch.

Natürlich heißt, was den Gesetzen der Natur gemäß geschieht, z. B. das Auflösen der Salze in reinem Wasser; künstlich, was, auf das Naturgesetz gestützt, seine Entstehung der Absicht des

Menschen verdankt, z. B. die Wasserpumpe; unnatürlich, was vom Gange der Natur auf bedeutende Art abweicht, z. B. Mißgeburten, nicht aber blose Varietäten; widernatürlich, was dem Gesetze der Natur gerade entgegengesetzt ist, z. B. wenn der sich selbst überlassene Stein ohne fremde Kraft senkrecht in die Höhe stiege; wunderbar, was vom Gewöhnlichen sehr bedeutend abweicht und seinen Grund in der Einwirkung Gottes auf die Natur hat, z. B. die Wunder in der heil. Schrift; magisch, was blos den Schein des Widernatürlichen hat und aus natürlichen, aber nur mehr verdeckten Gründen hervorgeht.

XI.

Dreyfaches Geschäft des Naturforschers.

Das Geschäft des Naturforschers zur Bildung einer physischen Wissenschaft ist dreyfach. Er muß die Naturerscheinungen auffinden, ihre Gesetzmäßigkeit erforschen und sich bis zu ihren Gründen erheben. Jedes dieser drey Stücke ist besonders zu betrachten.

1) Auffindung der Erscheinungen.

XII.

Doppelter Weg zur Kenntniß der Naturerscheinungen.

Die Erscheinungen werden theils auf dem Wege der sinnlichen Erfahrung, theils durch Begriffe

und daraus abgeleitete Schlüsse erkannt. Jener Weg kann der empirisch-theoretische, dieser der theoretisch-empirische heißen. Jener ist der gewöhnlichere und fruchtbarere, dieser der seltnere und oft trügliche. Jener erhebt sich von dem Einzelnen zu dem Allgemeinen, dieser steigt von dem Allgemeinen zu dem Einzelnen herab.

XIII.

Erfahrung im allgemeinen und besondern Sinne.

Erfahrung im Allgemeinen heißt der Inbegriff von Wahrnehmungen vermittelst der Sinne; im besondern Sinne aber jede einzelne Sinneswahrnehmung. Nach der ersten Bedeutung steht die Erfahrung dem rein theoretischen Wissen entgegen. Der Weg zur Auffindung der Naturerscheinungen ist daher entweder der Erfahrungsweg, oder der Verstandesweg.

XIV.

Beobachtungen und Versuche.

Der Erfahrungsweg beruht auf Beobachtungen und Versuchen.

Beobachtungen sind Wahrnehmungen vermittelst unserer Sinne, wobey man das Mannigfaltige der Erscheinungen so auffaßt, wie dasselbe ohne unser Zuthun sich darbietet; z. B. Beobachtungen der Finsternisse, der Gewitter, des Wassergefrierens, des Regenbogens.

Versuche dagegen sind Wahrnehmungen, wobey man verschiedene Verbindungen der Naturkörper absichtlich veranlaßt, um die Erscheinungen kennen zu lernen, welche aus ihrer Wechselwirkung hervorgehen; z. B. Versuche mit der Luftpumpe, mit der Electrisirmaschine.

XV.

Ihr Gemeinschaftliches und Unterscheidendes.

Hieraus erkennt man sowohl das Gemeinschaftliche, als das Unterscheidende der Beobachtungen und Versuche. Beyde sind auf sinnliche Wahrnehmungen gegründet; allein in dem mehr leidenden und mehr thätigen Verhalten Dessen verschieden, der sie anstellt. Die Erscheinungen lassen bisweilen nur Beobachtungen, oder nur Versuche, oder auch Beydes zu.

XVI.

Erfordernisse brauchbarer Beobachtungen und Versuche.

Zur Anstellung brauchbarer Beobachtungen oder Versuche gehört eine gute Beschaffenheit der Sinneswerkzeuge, ungetheilte Aufmerksamkeit, Mangel an Vorurtheil, Anwendung mehrerer Sinne, wenn es möglich ist, Brauchbarkeit der Instrumente, Sachkenntniß, eine durch Uebung erlangte Gewandtheit.

XVII.

Werkzeuge oder Instrumente. Physischer Apparat.

Werkzeuge oder Instrumente heißen jene Mittel, wodurch man der Beschränktheit der Sinneskraft zu Hülfe kömmt, oder im Stande ist, lehrreiche Beobachtungen oder Versuche anzustellen, z. B. Microscope, Telescope, die Electrisirmaschine, die Luftpumpe ꝛc. ꝛc. Ihr Inbegriff bildet den physischen Apparat, welcher wiederum besondere Unterabtheilungen hat, z. B. der electrische, magnetische, hydrostatische, optische Apparat u. s. w.

XVIII.

Eigenschaften der Werkzeuge.

Die Werkzeuge des Naturforschers sollen einfach, genau und reinlich seyn. Sehr zusammen gesetzte Instrumente entsprechen selten ihrem Zwecke, unrichtige Werkzeuge geben meist auch unrichtige Resultate, und Unreinigkeit schadet sehr oft dem erwünschten Erfolge.

XIX.

Werth der Beobachtungen und Versuche.

Versuche gewähren meist eine befriedigendere Naturkenntniß, als blose Beobachtungen. Denn bey dem Versuche kann man absichtlich die Bedingungen verändern, um verschiedene Resultate

herbeyzuführen; aber bey der Beobachtung verhält man sich mehr leidend und die Erkenntniß, die davon zu Theil wird, ist nicht so vielseitig. Wo es immer thunlich ist, müssen Beobachtungen und Versuche verbunden werden; z. B. bey der Theorie und Praxis des sogenannten electrischen Drachens.

XX.

Beobachtungen und Versuche als solche bilden noch keine Wissenschaft.

Die Kenntnisse, welche uns Beobachtungen und Versuche gewähren, sind an sich höchst schätzbar. Denn sie liefern den Grund zur höhern Erforschung der Natur. Allein der Physiker darf sich nicht mit diesen einzelnen Erfahrungs-Kenntnissen begnügen, sondern muß, dem Streben des Geistes folgend, sich von der Fülle des Einzelnen zum Allgemeinen erheben. Dieses geschieht zunächst durch Erforschung der Naturgesetze.

2) Erforschung der Naturgesetze.

XXI.

Naturgesetze.

In der körperlichen Natur herrscht das Gesetz der Nothwendigkeit. Unter gleichen Bedingungen haben immer die nämlichen Erscheinungen Statt; so, daß sich angeben läßt, was geschehen wird, wenn man eine bestimmte Voraussetzung annimmt. Der Ausdruck dieses nothwendigen Erfolges, welcher

Statt findet, wenn man gewisse Voraussetzungen als vorhanden annimmt, heißt ein Naturgesetz. Die Ausdrücke: tropfbare Flüssigkeiten bilden, wenn sie sich in unbewegten, weiten Gefäßen in Ruhe befinden, eine waagrechte Oberfläche; oder: wenn eine vollkommen elastische Kugel schief gegen eine harte Ebene anstößt, so springt sie in der nämlichen Ebene unter demselbigen Winkel zurück, unter welchem sie eingetroffen ist; oder: gleichnamige Pole des Magneten stoßen sich zurück, ungleichnamige ziehen sich an, u. s. f. sind Naturgesetze.

XXII.

Methode sie durch Abstraction zu finden.

Man findet die Naturgesetze meistens auf dem Wege der Abstraction. Die wahrgenommene Erscheinung ist das Einzelne. Erscheint nun dieses Einzelne vielfach unter gleichen Umständen auf vollkommen gleiche Weise, so bildet man von dieser comparativen Allgemeinheit den Schluß auf die nothwendige Allgemeinheit der Verbindung zwischen Bedingniß und Erfolg, und der Ausdruck davon ist das Naturgesetz. Wenn man z. B. durch vielfach angestellte Versuche findet, daß leichte und leicht bewegliche Körperchen, welche beyderseits auf einerley Art electrisirt werden, einander in der Nähe zurückstoßen, so abstrahirt man hieraus das Gesetz: Alle leichte, leicht bewegliche Körper, welche auf gleiche Art electrisirt sind, stoßen sich wechselweise zurücke.

XXIII.

Nothwendige Vorsicht dabey.

Hieraus erhellet, daß das Naturgesetz nicht auf wenige Beobachtungen oder Versuche gegründet seyn darf, da sonst sein Ausdruck leicht trüglich werden kann. Besondere Vorsicht ist den Naturforschern bey neuentdeckten Phänomenen zu empfehlen, womit das Gebiet der Wissenschaft bereichert wird. Denn nur eine Fülle genau angestellter Erfahrungen kann die Richtigkeit des aus ihnen abstrahirten Gesetzes verbürgen.

XXIV.

Anwendung der Naturgesetze.

Gleichwie nun diese Naturgesetze, auf dem Erfahrungswege entsprungen, sich durch ihre Allgemeinheit über das Einzelne erheben, so werden sie wiederum mit Sicherheit auf das Einzelne angewendet und der jedesmalige Erfolg entspricht der Erwartung. Der Chemiker und Techniker mischt die bestimmten Stoffe zusammen und sagt mit Sicherheit die Resultate ihrer Wechselwirkung vorher, welche sodann auch eintreffen. Diese Allgemeinheit des bestimmten Erfolgs geht aus der in der körperlichen Natur herrschenden Nothwendigkeit hervor.

XXV.

Methode, sie durch Speculation aufzufinden.

Nicht alle Naturgesetze gelangen aber auf dem Erfahrungswege zu unserer Kenntniß. Mehrere

bieten sich uns auf dem Wege der Speculation dar. So wird z. B. aus dem Begriffe einer vollkommen elastischen Masse das Reflexionsgesetz (21) mit mathematischer Strenge abgeleitet. Dieses Gesetz hat somit keine comparative, sondern eine absolute Allgemeinheit. Soll es aber keine blos theoretische Wahrheit bleiben, sondern auch in der Körperwelt seine Anwendung finden, so muß das wirkliche Daseyn eines vollkommen elastischen Körpers nachgewiesen werden.

Die Erfahrung lehrt nun, daß es zwar sehr elastische, aber doch keine vollkommen elastische Körper gibt. Daher hat das, aus der blosen Theorie entwickelte Gesetz auch physische Gültigkeit, obwohl eine beschränkte. — Auf gleiche Weise verhält es sich mit dem Gesetze für den freyen Fall der Körper, welches, aus der theoretischen Annahme einer stetig wirkenden Kraft entsprungen, seine practische Anwendung erst in der Erfahrung findet, daß die irrdische Schwere ununterbrochen auf die Körper einwirket.

XXVI.

Nutzen der Naturgesetze.

Der Nutzen, welchen uns die Naturgesetze gewähren, ist theils theoretisch, theils practisch. Durch ihre Kenntniß erhebt sich der Geist vom Einzelnen zum Allgemeinen, befriedigt hierdurch sein Streben nach höherem Wissen und lehret den sichern Weg zur wissenschaftlichen Betrachtung der körper-

lichen Natur. Auch gewähren uns diese Gesetze durch ihre höchst mannigfaltige Anwendungen auf Befriedigung der Bedürfnisse des Lebens so bedeutenden Vortheil, daß wir ohne ihre Kenntniß nicht nur manches Angenehme und Nützliche, sondern auch selbst vieles Nothwendige entbehren müßten.

XXVII.

Die Kenntniß der Naturgesetze befriedigt nicht vollkommen das Streben des Geistes.

Doch ist mit der Kenntniß der Naturgesetze das wissenschaftliche Streben des Naturforschers noch nicht vollkommen befriedigt. Denn auch die Naturgesetze haben ihren Grund. Diesen zu erkennen, ist das Ziel des gründlichen Wissens. Daher bleibt die Kenntniß der Naturgesetze so lange eine blos historische (wiewohl wissenschaftlich vorbereitende) Erkenntniß der Natur, als man noch nicht im Besitze jener Gründe ist, aus welchen diese Gesetzmäßigkeit, überzeugend für den Verstand, hervorgeht. Dies führt zur Erklärung der Naturbegebenheiten.

3) Erklärung der Erscheinungen.

XXVIII.

Erklärung der Naturerscheinungen.

Eine Naturerscheinung wird erklärt, wenn man den Grund angibt, woraus sie hervorgeht. Das Aufsteigen des Wassers in der Pumpe, die

bekannte Wirkung des Zughebers, der hohe Stand der Quecksilbersäule in der Barometerröhre u. s. f. wird aus dem Drucke der atmosphärischen Luft erklärt. Daß aber die Luft wirklich schwer sey, läßt sich auf mehrfache Weise sinnlich überzeugend darthun.

XXIX.

Cathegorische und hypothetische Erklärungen.

Man theilt diese Erklärungen in cathegorische und in hypothetische ein. Unter jenen versteht man die Angabe des wahren Grundes, welchem die Erscheinung ihr Daseyn verdankt. So liefert z. B. der Luftdruck eine cathegorische Erklärung von dem Aufsteigen des Wassers in dem Stiefel der Pumpen, das gestörte Gleichgewicht der Luftelectricität, die cathegorische Erklärung von der Entstehung des Gewitters u. s. f. — Unter einer wahren Ursache versteht man aber eine solche, deren Daseyn nicht blos problematisch oder wahrscheinlich, sondern sinnlich überzeugend nachgewiesen werden kann. So läßt sich das wirkliche Daseyn der Druckkraft der atmosphärischen Luft durch vielfache Versuche auf völlig überzeugende Art darthun. Auf gleiche Weise hat der Versuch mit dem electrischen Drachen das Daseyn der Luftelectricität und ihrem Einfluß zur Bildung der Gewitter unzweifelhaft gelehrt.

XXX.

Hypothetische Erklärungsweise.

Den cathegorischen Erklärungen zur Seite stehen die hypothetischen. So nennt man jene Erklärungen, welche nicht auf einem schon durchaus als wahr anerkannten, sondern auf einem noch problematischen Grunde beruhen. Der Naturforscher erkennt nicht immer sogleich die wahren Ursachen, woraus die Phänomene hervorgehen; ein Fall, welcher besonders bey neuen Erweiterungen der Naturkunde häufig Statt findet. Der Verstand hat aber das Streben, alles Einzelne auf das Allgemeine zurück zu führen und das Hervorbringende des Hervorgebrachten zu erkennen. Hier nimmt er seine Zuflucht zur Aufstellung einer Hypothese, d. h. er leitet die Erscheinungen aus einem Grunde ab, welcher noch nicht als wahr, sondern vorerst nur als problematisch aufgestellt wird.

XXXI.

Entstehungs-Grund der Hypothesen.

Hieraus erkennt man, daß die Hypothesen ihr Daseyn theils der Beschränktheit des Geistes, theils seinem Streben nach Erkenntniß der letzten Gründe zu verdanken haben. Die Beantwortung der Frage: « In welchem Verhältniße der Entfernung, Umlaufszeit, Bewegung steht die Erde und jeder der übrigen Planeten zur Sonne? » konnte zu den Zeiten des Copernicus noch nicht cathegorisch gegeben werden.

Dieser scharfsinnige Forscher hatte aber wichtige Gründe zur Annahme, die Sonne sey der Centralpunct, um welchen sich die Erde und die damals bekannt gewesenen Planeten bewegten; auch drehe sich unsere Erde in 24 Stunden einmal um ihre Achse. Da diese Gründe für ihn, nicht aber für jeden Andern, Ueberzeugung gewährten, so war diese Copernicanische Ansicht der Weltordnung damals nichts mehr, als eine scharfsinnige Hypothese; keineswegs aber eine cathegorische Erklärung der Erscheinungen jener Himmelskörper. — Auf gleiche Weise war die Erscheinung des sogenannten Galvanismus, als Wirkung der Electricität, in den ersten Jahren ihrer Entdeckung eine blose Hypothese, welche sich aber, gleich jener des Copernicus, späterhin zur cathegorischen Erklärung erhoben hat.

XXXII.

Eigenschaften annehmbarer Hypothesen.

Allein nicht jede Hypothese verdient Beyfall. Soll sie als problematische Erklärung zuläßig seyn, so muß sie vorerst keinem als wahr anerkannten Gesetze der Natur widersprechen. Denn was mit der Wahrheit im Widerspruche steht, muß falsch seyn. Sodann müssen sich die Erscheinungen, welche sie erklären soll, auf einfache und ungezwungene Art daraus ableiten lassen. Kann diese Ableitung nur auf gezwungene Weise geschehen, so hat sie wenig Werth. Endlich müssen die hypothetischen Erklärungen auf Versuchen beruhen, nicht aber auf

einer blos theoretischen Speculation. Wenn auch die Hypothese durch Gründe der Mathesis zu Stande kömmt, so muß sie doch immer einen Faden haben, welcher die Theorie mit der Praxis verbindet.

XXXIII.

Verhalten des Naturforschers gegen mangelhafte Hypothesen.

Hypothesen, welchen diese Foderungen nicht entsprechen, müssen als unstatthafte Erklärungen verworfen werden. Der Naturforscher soll, auch wenn er Selbsterfinder derselben ist, der Wahrheit das Opfer bringen und sich von ihnen lossagen; selbst dann, wenn sie ihm durch vielfältige Anwendung vielleicht zur bequemen Gewohnheit geworden wären. Die Hypothese vom Phlogiston der ältern Chemie mag hier zum Beispiele dienen. Nirgends kann sich der unbefangene, vorurtheilsfreye Sinn des Naturforschers mehr bewähren, als hier.

XXXIV.

Werth der Hypothesen.

Hieraus folgt, daß nur der Misbrauch der Hypothesen schädlich, ihr naturgemäßer Gebrauch aber höchst förderlich zur wissenschaftlichen Kenntniß der Natur sey. Man wetteifert in ihrer Erfindung, man vergleicht die Thatsachen mit derselben und bemühet sich, sie zwanglos aus ihr herzuleiten. Durch solche Bestrebungen der Naturforscher wird sie sich entweder immer mehr im Einklange mit der Natur

zeigen, oder sie entfernt sich von ihr. Dort nimmt ihr wissenschaftlicher Werth immer mehr zu, und sie kann sich zu dem Range der cathegorischen Erklärungen empor schwingen. So ging es z. B. der Copernicanischen Erklärung des Verhältnisses unserer Erde und der übrigen Planeten zur Sonne. Hier aber sinkt sie immer tiefer herab und wird entweder der Vergessenheit übergeben, wenn sie an sich unbedeutend war; oder sie erwirbt sich eine bleibende Stelle in der Geschichte der Naturwissenschaft, wie z. B. die Hypothese von dem Phlogiston. Hierdurch ist das Schicksal jeder Hypothese bestimmt, welche sich nicht lange in gleichem Werth erhalten, sondern an Wahrscheinlichkeit zu- oder abnehmen wird.

XXXV.

Newtonische Regeln.

Noch verdienen hier die sogenannten Newtonischen Regeln bemerkt zu werden, welche dieser große Mann in seiner Schrift: Philosophiae naturalis principia mathematica aufstellt, und zur Erläuterung und Erweiterung des Vorhergehenden dienen. Sie sind um so lehrreicher, als in ihnen die Art und Weise, den Grund der Naturerscheinungen zu erforschen, kurz und bestimmt dargelegt wird.

XXXVI.

Erste Regel Newton's.

Nur jene Ursachen sind für wahre zu halten, welche zur ungezwungensten, einfachsten und ver-

ständlichsten Erklärung der Erscheinungen führen. — Was man unter wahren Ursachen verstehe, ist bereits früher (29) erläutert worden.

XXXVII.

Zweyte Regel Newton's.

Wirkungen, welche durchaus von einerley Art sind, müssen auch aus einerley Ursache abgeleitet werden. — Die Anwendung dieser Regel erfodert oft einige Vorsicht.

XXXVIII.

Dritte Regel Newton's.

Solche Eigenschaften der Körper, welche bey allen Arten derselben erscheinen, und welche keiner wesentlichen Abänderung fähig sind, darf man für allgemeine Eigenschaften der Körper halten. — Dahin gehört z. B. die Ausdehnung, Undurchdringlichkeit, Theilbarkeit, u. dgl.

XXXIX.

Vierte Regel Newton's.

Sätze, welche auf dem Wege der Induction aus dem Einzelnen gesammelt worden sind, muß man, obgleich Hypothesen entgegen stehen, so lange für wahr oder höchst wahrscheinlich halten, bis neue Erscheinungen dieselben bestättigen, oder etwa beschränken.

XL.

Hülfswissenschaften zur Physik.

Die Physik steht so wenig, als irgend eine andere Disciplin, isolirt in dem Reiche der Wissenschaften. Mathesis, Naturgeschichte und Chemie sind ihr am Nächsten verwandt. Daher nennt man diese auch Hülfswissenschaften der Physik. Ihr Werth, in Hinsicht der wissenschaftlichen Ausbildung der letztern, läßt sich leicht nachweisen.

XLI.

Mathematik als Hülfslehre.

Durch die Mathesis wird die Größe idealer und realer Gegenstände nach scharfem Maase bestimmt. Aber auch die physischen Kräfte sind Größen und somit dem Maase unterworfen. Die physische Lehre hat sich des höchsten Grades der Evidenz zu erfreuen, wenn man im Stande ist, die Größe der Kräfte zu messen, welche den Naturerscheinungen das Daseyn gaben. Zahlen- und Raumlehre, und die Analysis bieten sich dazu wechselseitig die Hand. Daher sind dem tiefern Forscher der Natur die mathematischen Grundlehren unentbehrlich zur Förderung seines Studiums.

XLII.

Naturgeschichte als Hülfslehre.

Auch die Naturgeschichte, d. h. eine historische Kenntniß der unorganischen und organischen

Naturkörper der Erde und deren naturgemäße Zusammenstellung, ist dem Physiker von großem Werthe. Denn dieses historische Wissen bereitet und begründet das wissenschaftliche. Wie kann man die Naturkörper in ihren Wechselwirkungen erforschen, wenn man diese Stoffe nicht einmal nach ihrem äussern Verhalten erkennt? Die Naturgeschichte erscheint hierdurch als wichtige Hülfslehre zur Physik, so wie zu jedem Zweige der naturwissenschaftlichen Studien überhaupt.

XLIII.

Chemie als Hülfslehre.

Gleichen Einfluss auf die Förderung der physischen Lehre hat die Chemie oder Scheidekunst, welche selbst ein wichtiger Theil der gesammten Naturkunde ist (siehe oben 8). Da sie die Naturkörper in ihre ungleichartige Grundstoffe zerlegen und aus ihnen wiederum zusammensetzen lehrt, so erkennt man aus diesen chemischen Resultaten der Analysis und Synthesis sehr oft den Grund der Erscheinungen, welche aus ihrer Wechselwirkung hervorgehen. Physik und Chemie gleichen getreuen Schwestern, welche sich zur Ergründung der Naturgeheimnisse kräftig und wirksam die Hände bieten. Physische Lehren dienen der Chemie und chemische Lehren der Physik zur Aufklärung, Begründung und Erweiterung.

XLIV.

Nutzen des Studiums der Physik.

Der Nutzen, welchen das ernste Studium der Physik gewährt, ist mehrfach. Es bereichert den Geist mit einer großen Menge von Kenntnissen und erhebt ihn hierdurch zu einer höheren Stufe menschlicher Bildung. Auch sind die Anwendungen dieser Lehren auf das Wohl des Lebens höchst mannigfaltig. Eben so wichtig ist das Studium der Physik als Hülfswissenschaft zur Chemie, Physiologie und Arzneykunde, deren sichere Grundlage sie bildet. Ausserdem gewährt uns die Physik eine so lehrreiche, als höchst angenehme Unterhaltung; sie belehrt, indem sie ergötzt, und von ihr mag man mit Wahrheit sagen: Miscet utile dulci. — Durch sie lernen wir die Kraft des Geistes in Erforschung der Wahrheit, aber auch dessen Beschränkung kennen, und werden hierdurch zu jener Bescheidenheit und Demuth geführt, welche die größte Zierde des Verständigen ist. — Sie zerstört am Kräftigsten die Bande des Aberglaubens, indem sie zeigt, daß natürliche Erscheinungen auch aus natürlichen Gründen hervorgehen. — Ihr besonnenes Studium führt uns endlich unwiderstehlich zum Daseyn eines höchsten, allmächtigen, allweisen und allgütigen Wesens, zum Daseyn G o t t e s, dessen unendliche Erhabenheit wir staunend verehren und anbeten.

Erste Abtheilung.

Materie im Allgemeinen.

§. 1.

Mathematischer und physischer Körper. Materie und Volum.

I. Der Grundbegriff der gesammten Physik ist der Begriff des Materiellen oder Körperlichen. Unter einem physischen Körper verstehen wir Dasjenige, was im Stande ist, unsere äussere Sinneswerkzeuge zu afficiren; z. B. der Stein, dessen Druck wir auf unserer Hand fühlen; das Wasser, welches auf unser Gefühl einwirkt; die Luft, welche wir in ihren Bewegungen empfinden, u. s. w.

II. Diese Erklärung des Körperlichen ist durchaus von der Erfahrung hergenommen. Denn nur die sinnliche Wahrnehmung ist es, welche uns von dem Daseyn körperlicher Stoffe Kunde gibt. Wir maßen uns daher nicht an, das innere Wesen des Materiellen definiren zu können. Auch ist jeder Versuch,

eine solche Erklärung zu geben, welche uns die Natur des Körperlichen enthüllte, seither nicht gelungen.

III. Dem physischen Körper entspricht der mathematische. Wir können uns nämlich nichts Materielles vorstellen, ohne anzunehmen, daß es im Raume enthalten sey. Ein physischer Körper, ohne alle Ausdehnung, ist nichts mehr und nichts weniger, als ein mathematischer Punct. Daher nennt man den allseitig begrenzten Raum, welchen der physische Körper einnimmt, den mathematischen Körper, oder das Volum des physischen Körpers.

IV. Wollte man diesem zufolge den physischen Körper durch Dasjenige erklären, was einen bestimmten Raum erfüllt, so wäre diese Erklärung eine blose Worterklärung. Denn die wirkliche Raumerfüllung durch das Materielle offenbart sich erst durch ihre Wirkung auf die äussern Sinne.

V. Hieraus folgt, daß man bey jedem physischen Körper seine Materie und sein Volum unterscheiden könne. Jene besteht in dem Daseyn von Etwas, was unsere Sinne afficirt und uns nur durch den Weg der sinnlichen Wahrnehmung entgegen tritt. Dieses hingegen ist die nothwendige Bedingniß zum Erkennen des Materiellen, da wir uns nichts Körperliches denken können, welches nicht auch ausgedehnt, d. h. im körperlichen Raume enthalten wäre.

§. 2.

Streben des Geistes, das Wesen der Materie zu erforschen.

I. So gewiß es ist, daß sich das Materielle nur durch die Wirkungen auf die Sinne des Leibes uns zu erkennen gibt, so entschieden ist es, daß das Streben des Geistes weiter reichet, als diese blos sinnliche Erkenntniß. Der Geist sucht sich nämlich über die Empfindung zu erheben und ihre Gründe nicht mehr in der Empfindung selbst, sondern in dem Begriffe aufzufinden. Das sinnlich Wahrgenommene will er geistig erforschen und nach seinen letzten Gründen erkennen.

II. Der Erfahrungsbegriff des Materiellen genügte daher dem höher strebenden Geiste nicht. Er suchte das Wesen und die Entstehung der Materie nicht mehr im Kreise des Sinnlichen, sondern im Gebiete des Geistigen zu erforschen. Daher entstanden zwey theoretische Ansichten: die dynamische und die atomistische, durch welche man diesem Streben des Geistes Genüge zu thun glaubte. In wie weit dieses gelungen ist, wird nachfolgende Darlegung und Critik dieser beyden Naturansichten lehren.

§. 3.

Grundsätze des dynamischen Systems.

I. Das dynamische System, oder richtiger die dynamische Ansicht, geht von dem Satze aus, daß dasjenige, was einer wirkenden

Kraft entgegen wirkt, letztere beschränkt und aufhebt, selbst eine Kraft seyn müsse. Wenn wir unter Kraft Dasjenige verstehen, was eine Bewegung hervorbringt oder aufhebt, so hat dieser Satz seine volle Richtigkeit.

II. Wenn man irgend einen Körper in einen engern Raum zusammen zu pressen strebt, so leistet er Widerstand. Dieser Widerstand nimmt stufenmäßig zu, wie die pressende Kraft anwächst. Dies zeigt uns sowohl der Stein, welchen wir mit unserer Hand zusammen zu drücken streben, als auch die athmosphärische Luft, welche man im geschlossenen Raume immer mehr zusammen preßt.

III. Da dieser Widerstand des zusammen gedrückten Körpers der zusammen pressenden Kraft entgegen wirkt, dieselbe beschränkt und wohl gar einmal aufhebt, so muß derselbe auch selbst eine Kraft seyn. Der Dynamiker nennt sie, wegen ihres Strebens zurück zu wirken, eine zurück stosende oder repulsive Kraft, und erkennt in ihr die erste und nothwendige Bedingniß zum Daseyn der Materie.

IV. Wäre aber das Materielle nur von Repulsiv-Kräften beseelt, so würde dasselbe nicht mit Festigkeit bestehen können. Es müßte eine Zerstreuung des Körperlichen ins Unendliche erfolgen. Daher gehört zur Existenz der Materie noch eine zweyte Kraft, welche jener repulsiven entgegen wirkt, dieselbe ausgleichet und zur Ruhe bringt. Dies ist die anziehende Kraft der

Dynamiker, welche die Repulsiv-Kraft in's Gleichgewicht stellt.

V. Aber durch die alleinige Wirkung dieser Attractiv-Kraft könnte das Materielle auch nicht bestehen. Denn wenn das Körperliche nur durch anziehende Kräfte belebt würde, so müßten die Theilchen der Materie, dieser Kraft folgend, sich immer näher und näher rücken, und, weil nichts dieses hindern könnte, in einen mathematischen Punct zusammen fließen.

VI. Daher sind Anziehungs-Kraft und Repulsiv-Kraft die beyden Grundkräfte der Materie, aus deren Wechselwirkung das Materielle als Resultat hervorgeht; indeß jede dieser Kräfte allein nicht im Stande ist, den Grund der Materie nachzuweisen.

§. 4.

Folgerungen hieraus.

I. Da nach dieser Lehre der Dynamiker alle Körper Producte der Wechselwirkung dieser beyden Grundkräfte sind; die Kraft aber als eine stetige Größe erscheint, welcher weder ein Größtes noch ein Kleinstes zukömmt, so muß auch die Materie eine stetige Größe seyn. Es gibt daher nach dieser Lehre kein kleinstes körperliches Theilchen, sondern alle Materie ist, gleich dem Raume, welchen sie erfüllt, ins Unendliche theilbar.

II. Da die Kraft, als solche, nichts sinnlich Wahrzunehmendes, sondern nur durch den Geist

zu erkennen ist, so erhebt sich die dynamische Lehre über die gemeinsinnliche Erfahrung, und **wurzelt** in dem Gebiete des Reingeistigen.

III. Der physische Körper ist daher auch **keine** unterbrochene Größe, sondern eine solche, **deren** Theile durch nichts Fremdartiges getrennt sind.

§. 5.

Anwendung dieser Lehre zur Erklärung der Verschiedenheit der Materie.

I. Da die Kräfte, als stetige Größen, nach einem unendlich mannigfaltigen Verhältnisse gegen einander wirken können, so leiten die Dynamiker aus diesem unendlich mannigfaltigen Wechselverhältnisse die unendliche Verschiedenheit des Materiellen ab. Denn nach ihrer Ansicht geht aus jedem neuen Wechselverhältnisse der anziehenden und repulsiven Kraft ein neuer Körper hervor. So verschiedenartig auch die einzelnen Naturkörper erscheinen, so fließen sie dennoch aus dieser allgemeinen Quelle der sich gegenseitig beschränkenden Grundkräfte.

II. Auch die verschiedenen Grade der Dichtheit der Materie erklären die Dynamiker aus ihrer Ansicht. Wenn nämlich die Grundkräfte mit einem höhern Grade von Intensität gegen einander wirken, so entspringt hieraus eine dichtere Masse; umgekehrt aber wird der Körper weniger dicht, wenn die Grundkräfte nach geringerer Intensität wirken, um ihn zu bilden.

§. 6.

Lehrsätze des atomistischen Systems.

I. Der dynamischen Lehre entgegen steht die atomistische, welche von den Atomen, d. h. von den kleinsten körperlichen Theilchen ihren Namen hat. Sie überschreitet ebenfalls die Grenzen der sinnlichen Erfahrung und erhebt sich über den Kreis der Empfindung, da diese Atome einzeln nicht können wahrgenommen werden.

II. Die Materie besteht nämlich, dieser Ansicht zufolge, aus einem Aggregate von körperlichen Urtheilchen, welche als die kleinsten materiellen Anfänge nicht mehr theilbar sind. Diese einfachste körperliche Urtheilchen nennt man Atome.

III. Der Körper ist demnach einer bestimmten Summe von Atomen gleich, so wie die Zahl einer bestimmten Menge von Einheiten gleich ist. Da die Atome selbst körperlich sind, so unterscheiden sie sich nur durch die Größe von dem ganzen Körper, welchen sie in ihrer Zusammensetzung bilden.

§. 7.

Folgerungen hieraus.

I. Nach der atomistischen Lehre ist der Körper nicht in's Unendliche theilbar. Er bildet daher keine stetige, sondern eine unterbrochene Größe.

II. Eine Materie ist dichter, als eine andere, wenn sie in dem nämlichen Raume eine größere Menge von Atomen zusammenfaßt, als eine an-

dere, welche eben deshalb die weniger dichte genennt wird.

III. Nach dieser Ansicht ist Materie und Masse folgendergestalt verschieden. Materie überhaupt bezeichnet irgend eine Menge von vereinigten Atomen; Masse dagegen eine bestimmte Menge dieser Urtheilchen, in Bezug auf eine andere. So ist z. B. das Bley eine etwa eilfmal dichtere Masse, als das reine Wasser im gleichen Raume, weil ersteres eine etwa eilfmal größere Menge von Atomen enthält.

§. 8.

Erklärung der Verschiedenheit der Materie.

Da nach den Atomisten das Materielle aus einer Verbindung der einzelnen Urtheilchen besteht, so leiten dieselbe die Verschiedenheit der körperlichen Stoffe entweder aus der Verschiedenheit der Atome selbst ab; oder sie nehmen einerley Urmaterie an, und suchen die Verschiedenheit der Naturkörper aus der mannigfaltigen Zusammensetzung dieser Urtheilchen abzuleiten. Jene Erklärung scheint der Einfachheit der Natur nicht zu entsprechen; diese aber befriedigt den Verstand nicht.

§. 9.

Critik des dynamischen Systems.

I. Daß die dynamische Ansicht nicht im Stande sey, das Wesen der Materie und ihre Entstehung zu erklären, ergibt sich bey einer schärfern Prüfung dieser Lehre.

II. Denn die beyden Grundkräfte der Dynamiker sind, als Begriffe, blose Verstandesproducte und können somit durch jede Wechselwirkung, in welche man sie kommen läßt, nicht aus dem geistigen Kreise heraus treten und in körperliche Wirklichkeit übergehen. Man mache sich das dynamische Wechselverhältniß dieser Kräfte noch so lebendig, so wird nie daraus klar werden, wie Dasjenige, was wir physisch-körperlich nennen, als Resultat aus ihnen hervorgehen könne.

III. Was nun den Gegensatz dieser Kräfte selbst betrifft, so müssen dieselben entweder als gleich, oder als ungleich angenommen werden. Wären sie einander gleich, so müßten sie, dieses Gegensatzes wegen, einander gänzlich aufheben. Ihre Wirkung wäre nun = 0 und es könnte aus ihnen nichts Wirkliches hervorgehen. Setzte man aber diese Kräfte einander ungleich, so müßte entweder die repulsive über die anziehende, oder diese über jene vorherrschen. Jetzt würde die kleinere durch die größere aufgehoben und ein Theil der letztern bliebe, als allein wirksam übrig, woraus selbst nach der Lehre der Dynamiker, das Materielle nicht entstehen kann.

IV. Hieraus folget, daß die dynamische Ansicht keinen durchaus befriedigenden Aufschluß über die Entstehung der Materie gibt.

Wenn man von Anziehungs- und Repulsiv-Kraft spricht, so ist der Verstand genöthigt, diese Kräfte in der schon vorhandenen Materie als wirksam zu betrachten. Somit setzt das dynamische

System, wenn es die Entstehung der Materie zu erklären strebt, das Materielle selbst als schon vorhanden zum voraus.

V. Man kann daher die dynamische Lehre nicht als eine durchaus überzeugende anerkennen, da sie uns über das Geheimniß der Materie keinen befriedigenden Aufschluß gibt.

§. 10.

Critik des atomistischen Systems.

I. Die atomistische Ansicht überschreitet insoweit die Grenze der sinnlichen Erfahrung nicht, als sie das Zusammengesetzte aus dem Einfachen ableitet. Dieses Einfache ist aber nicht heterogen mit dem Zusammengesetzten, sondern nur das kleinste Körperliche, somit nicht wesentlich von dem Größern verschieden.

II. Das nothwendige Daseyn der Atome kann nicht überzeugend bewiesen werden. Auch weiß man weder über ihre Größe, noch von ihrer Gestalt oder physischen Eigenschaft etwas Gewisses zu sagen. Endlich ist die Mannigfaltigkeit der Naturkörper nicht ungezwungen aus der Lehre der Atomisten zu erklären.

§. 11.

Werth jeder dieser beyden Ansichten.

I. Vergleicht man die Lehre der Dynamiker mit jener der Atomisten, so ist klar, daß keine von beyden den Namen einer wissenschaftlichen Construction

der Materie verdiene. Beyde lassen gegründete Zweifel über die Quelle zurück, woraus das Materielle hervorgeht. Beyde beurkunden hierdurch die Schwäche und Beschränktheit des menschlichen Geistes in Erforschung der letzten Gründe.

II. Die dynamische Ansicht hat vor der atomistischen den Vorzug, daß sie sich über die sinnliche Erfahrung erhebt, und den Grund des Körperlichen nicht mehr im Gebiete des Körperlichen selbst aufsucht. Auch leiten die Dynamiker die Verschiedenheit der Materie mit vieler Consequenz aus ihren Grundkräften ab.

III. Die Atomisten befriedigen noch weniger, als die Dynamiker das Streben des Geistes, da die Atome, als selbst materiell, von größern Massen nicht wesentlich verschieden sind. Auch können sie die große Mannigfaltigkeit des Materiellen nicht befriedigend nachweisen.

IV. Doch hat jedes dieser beyden Systeme für den unbefangenen Naturforscher Werth und practische Anwendung. Jedes von ihnen gewähret, mit gehöriger Vorsicht angewendet, mancherley Vortheile.

V. Die Natur zeigt uns in ihren vielfältigen Erscheinungen das Gesetz von Wirkung und Gegenwirkung; dergestalt, daß uns dasselbe in den einfachsten, so wie auch in den zusammengesetztesten Phänomenen entgegen tritt. Dieses Wechselverhältniß von Kraft und Gegenkraft mag man mit Recht ein dynamisches nennen und die darauf gebaute Ansicht der Natur eine dynamische Ansicht.

Diese sich wechselseitig entgegenwirkende Kraft und Gegenkraft zu erforschen und nach ihrem Maase genau zu bestimmen, ist eben die Aufgabe des Naturforschers.

VI. Auch die atomistische Hypothese kann dem Physiker in manchen Anwendungen nützliche Dienste leisten. So wird z. B. der Begriff von der verschiedenen Dichtheit der Körper weit faßlicher atomistisch, als dynamisch erklärt. Daß ein Körper noch einmal so dicht als ein anderer sey, wenn er, im gleichen Raume mit ihm, die doppelte Menge von Materie enthält, ist gemeinverständlich; daß aber die doppelte Dichtheit eine Folge von der doppelten Intensität der beyden Grundkräfte der Materie sey, ist bey weitem nicht so einleuchtend.

VII. Daher scheint es nützlich, jede dieser beyden Ansichten, ohne irgend eine entweder als vollkommen befriedigend, oder als durchaus verwerflich zu erklären, da anzuwenden, wo es zur Aufklärung unserer Erkenntnisse von der Natur geschehen kann.

§. 12.

Allgemeine Eigenschaften der Materie.

I. Es gibt gewisse Eigenschaften der Materie, welche jedem Körper, so verschieden auch seine besondere Natur seyn mag, ohne Unterschied zukommen. Man nennt sie nach Newton: allgemeine Eigenschaften der Körper.

II. Solche allgemeine Eigenschaften des Materiellen sind: Die Undurchdringlichkeit, Ausdehnung,

Theilbarkeit, Beweglichkeit und Schwere. Die folgenden §§. werden dieselben näher erläutern.

§. 13.

Undurchdringlichkeit. Scheinbare Durchdringung.

I. Die Undurchdringlichkeit ist jene Eigenschaft der Materie, nach welcher jeder Körper seinen Raum mit solcher Beständigkeit behauptet, daß keine Kraft im Stande ist, ihn, mit Verlust seiner Materialität, aus demselben zu verdrängen. Diese Undurchdringlichkeit kömmt allen Körpern ohne Unterschied zu. Viele Materien lassen sich zwar durch Anwendung äusserer Kräfte in engere Räume zusammenpressen, z. B. die atmosphärische Luft in einem durchaus geschlossenen Gefäße. Die Luft aber kann durch keine mechanische Kraft so comprimirt werden, daß sie aufhörte, in dem Raume, d. h. körperlich zu seyn.

II. Die Undurchdringlichkeit kömmt sowohl den festen Massen, als auch den liquiden und luftförmigen Stoffen zu. Bey einigem Nachdenken erkennt man auch die Nothwendigkeit dieser Eigenschaft der Materie. Denn wodurch würde der feste Bestand der Körperwelt gesichert, wenn das Materielle durch Einwirkung mechanischer Kräfte vernichtet werden könnte? Alle Materien behaupten somit ihr Daseyn so unabänderlich, daß der Körper den Körper durchaus nicht zerstören kann; obwohl durch wechselseitige Einwirkung derselben ihre äussere Gestalt

oder ihre innere Beschaffenheit mehr oder weniger verändert wird.

III. Wenn man gleiche Mengen von reinem Wasser und von reinem Weingeiste mit einander vermischt, so lehrt die Erfahrung, daß die Mischung etwas weniger Raum einnimmt, als das Doppelte von jedem einzelnen der gemischten Körper. So nehmen z. B. ein Cubikzoll reines Wasser und ein Cubikzoll Weingeist zusammen weniger, als zwey Cubikzolle ein. Ist dies nicht ein Beweis von einer gegenseitigen Durchdringung der Materie? Wenn man eine mechanische Durchdringung, nach welcher zwey Körper zugleich in demselbigen Raume sind, von der chemischen Durchdringung, durch welche aus der innigen Vereinigung mehrerer Stoffe ein neues Ganzes entspringt, gehörig unterscheidet, so ist dieser Einwurf leicht zu beantworten.

IV. Eben so wenig ist das Eindringen des Wassers in den feuchten Schwamm oder in das Fließpapier; oder das Aufsteigen des Oels oder Unschlitts in das Innere des Dochtes u. s. w. ein Beweis von der gegenseitigen Durchdringung des Materiellen, sondern nur ein Eindringen in ihre Zwischenräume.

§. 14.

Ausdehnung. Ihre Grenzen. Bestimmte Formen.

I. Da man nichts Körperliches denken kann, ohne anzunehmen, daß dessen Theile sich ausser einander befinden, so muß jeder Körper, wenn er auch

noch so klein gedacht wird, irgend einen Raum erfüllen. Dieses Aussereinanderseyn der körperlichen Theile ist eben das, was man die Ausdehnung des Körpers nennt. Ein unausgedehnter Körper ist demnach etwas Widersprechendes.

II. Weil sich das Körperliche nach allen Richtungen im Raume hin erstreckt, und nach jeder dieser Richtungen begrenzt ist, so muß auch die Ausdehnung des Körpers ihre bestimmte Grenzen haben. Da nun bestimmte Grenzen auch eine bestimmte Form oder Gestalt voraussetzen, so muß jedem Körper irgend eine körperliche Form zukommen, obgleich solche unendlich verschiedenartig seyn kann.

III. Die Folge wird lehren, daß diese Formen der verschiedenen Naturkörper nicht regellos, sondern einem bestimmten Gesetze unterworfen sind; so, daß man von jedem besondern Körper behaupten kann, die Natur habe ihm eine bestimmte Gestalt zur Unterscheidung von andern verliehen. Diese regelmäßigen Formen, welche z. B. an den Salzen so augenfällig hervortreten, werden Cristalle genennt, wovon weiter unten das Nähere vorkommen wird.

§. 15.

Theilbarkeit. Mechanische und chemische Theilung.

I. Alle Körper haben die Fähigkeit, in kleinere Theile zerlegt zu werden. Diese Eigenschaft nennt man die Theilbarkeit der Materie. Sie ist eine allgemeine Eigenschaft der Körper, weil jeder

theils durch Kräfte der Natur, theils durch Anwendung der Kunst wirklich getheilt werden kann. Die Theilbarkeit, als das Vermögen getheilt werden zu können, ist übrigens von der wirklichen Theilung verschieden.

II. Die Theilung heißt eine mechanische, wenn sie durch Anwendung äusserer Kräfte bewirkt wird, z. B. das Pulverisiren der Kreide durch äussern Schlag oder Druck. Die chemische Theilung dagegen wird durch Kräfte veranlaßt, welche in das Innere der Körper einwirken. So ist z. B. das Auflösen des festen Salzes im reinen Wasser eine chemische Theilung des festen Körpers, da hier keine äussere Kräfte, sondern blos innere thätig sind.

III. Die Theilchen, welche theils durch mechanische, theils durch chemische Theilung erhalten werden können, sind oft so ausserordentlich fein, daß ihre Kleinheit unsere Einbildungskraft übersteigt. Die Dehnbarkeit des Goldes liefert ein Beyspiel hiezu. Aus wenigen Granen dieses Metalls kann eine große Fläche durch bloses Hämmern gebildet werden. Wenn eine Silberstange vergoldet und sodann durch immer engere runde Oeffnungen gezogen wird, bis diese endlich zur Dünne eines Haares sich verjüngen, so erhält man einen ungemein langen äusserst feinen Golddrath, welcher rings umher mit sichtbaren Goldtheilchen bedeckt ist.

IV. Auch die feine Zertheilung der Körper durch Hülfe der Wärme liefert auffallende Bey-

piele von der sehr weit gehenden Theilung der Materie. Ein Gran Weihrauch auf eine brennende Kohle gelegt, erfüllt ein großes Zimmer an allen Orten mit Wohlgeruch. Wie ausserordentlich fein diese Rauchtheilchen seyen, welche sich durch die Kraft der Hitze aus diesem Körper entwickelt haben, kann sehr leicht durch eine Rechnung erläutert werden. Man berechne z. B. die Zahl der Cubiklinien, welche den Raum des Zimmers bestimmen und nehme in jeder nur einige Rauchtheilchen an, so wird man eine ungeheure Zahl zum Resultate erhalten.

V. Auch die Farbestoffe und die verschiedenen Niederschläge erläutern die sehr weit gehende Theilbarkeit der Materie. Mit einer unbedeutenden Menge von Carmin läßt sich eine bedeutende Wassermasse röthen; so, daß jedes Wassertröpfchen mit blaßrother Farbe erscheint. Wie viele Tröpfchen bilden aber die ganze Masse des gefärbten Wassers?

VI. Endlich bietet uns auch die lebende Natur mehrfach so kleine körperliche Theile dar, daß wir nicht im Stande sind, uns dieselben entsprechend vorzustellen. Man denke z. B. an die Infusions-Thierchen, d. h. an jene ungemein kleine lebende Wesen, welche man in zahlreicher Menge in einem Wassertröpfchen durch das Microscop erblickt, nachdem man reines Wasser einige Tage über irgend einem vegetabilischen Körper stehen ließ. Diese Thierchen sind, nach Mouschenbröcks Berechnung, viele Millionen mal kleiner, als ein kleines

Sandkörnchen. Sie schwimmen in dem Tröpfchen, wie in einem See umher. Da sie lebende Wesen sind, so haben sie einen innern Organismus, sie nehmen Nahrung zu sich, assimiliren dieselbe auch ihrem eigenen Körper, u. s. w. Wie klein müssen nicht diese innere Theile seyn, wenn das Ganze schon von einer so erstaunenswürdigen Kleinheit ist? Sicher können wir nicht behaupten, daß die Grenze unseres microscopischen Sehens zugleich auch die Grenze der Natur selbst sey. Wohl gibt es noch kleinere Geschöpfe, als diese Infusions-Thierchen sind. Unser Blick verliert sich bey diesen Betrachtungen in das unbegreiflich Kleine, so wie wir auf der andern Seite nicht im Stande sind, uns ein entsprechendes Bild von jenen ungeheuer großen Himmelskörpern zu bilden, welche man am Firmamente erblickt. Wie höchst relativ die Begriffe von Groß und Klein sind, geht eben daraus sehr anschaulich hervor.

§. 16.

Beweglichkeit. Bewegung. Zeit und Raum.

I. Auch die Beweglichkeit verdient den Namen einer allgemeinen Eigenschaft der Körper; denn beweglich seyn, heißt die Fähigkeit haben, den Ort zu verändern, welchen ein Körper gegenwärtig einnimmt. Da alle Körper im Raume enthalten sind, so kann man ihnen auch das Vermögen nicht absprechen, diesen Raum verändern, d. h. bewegt werden zu können. Kleinere Körper

zeigen sich uns häufig in wirklicher Bewegung, wenn mechanische Kräfte auf sie einwirken. Wer möchte aber zweifeln, daß auch größere Massen, z. B. ungeheure Gebirge, bewegt werden können; ja wer zweifelt an ihrer wirklichen Bewegung, da man von der Achsendrehung der Erde und von ihrem Umschwunge um die Sonne überzeugt ist?

II. Von der Beweglichkeit ist die Bewegung verschieden, welche in der wirklichen Ortsveränderung eines Körpers besteht. Beweglichkeit ist daher die mögliche, Bewegung aber die wirkliche Veränderung des Ortes. Kein Körper der Natur kann sich von selbst bewegen, denn die Bewegung ist Wirkung und setzt das Daseyn einer wirksamen Kraft zum voraus. Man nennt sie die bewegende Kraft, oder die Bewegkraft.

III. Als allgemeine und nothwendige Bedingungen zur Bewegung treten Raum und Zeit hervor. Es ist nämlich keine Bewegung ohne Zeit und ohne Raum denkbar. Die Veränderung des Ortes muß im Raume geschehen, und da der Körper nicht an jeder Stelle des durchlaufenen Raumes zugleich seyn kann, so erfodert sein allmähliges Fortschreiten eine Succession, d. h. eine gewisse Zeit. Da es weder einen kleinsten Raum, noch eine kleinste Zeit gibt, so kann es auch keine kleinste Bewegung geben und die Bewegung selbst muß etwas Stetiges seyn. Die verschiedenen Arten und Gesetze der Bewegung, welche für Theo-

rie und Praxis höchst wichtig sind, werden in der Bewegungslehre entwickelt werden.

VI. Die Bewegung ist für den Naturforscher auch deshalb sehr wichtig, weil sie die allgemeine Bedingniß enthält, unter welcher jede Erscheinung der Körperwelt steht. Da nämlich alle Körper im Raume enthalten sind, so müssen alle Veränderungen, welche unter denselben Statt haben, in einer Veränderung ihres räumlichen Verhältnisses, d. h. in einer Bewegung bestehen. Ohne Bewegung wäre die gesammte Sinnenwelt starr und todt; nur die Bewegung bringt Leben und Mannigfaltigkeit in ihr hervor. Durch die gegenseitige Bewegung der Salz- und Wassertheilchen wird ihre wechselseitige Auflösung möglich, so wie durch die Bewegung der Säfte in den organischen Körpern ihr physisches Leben bedingt ist. Die Natur der Bewegung und der sie veranlassenden Bewegkräfte zu erforschen, muß daher dem Physiker, Chemiker und Physiologen von größter Wichtigkeit seyn. Die Bewegung ist das allgemeine Gesetz der Natur, aus welchem wir allein ihr reges Leben zu erkennen im Stande sind.

§. 17.

Schwere. Lothrechte Linie. Wagrechte Ebene. Horizontallinie.

1. Eine weitere allgemeine Eigenschaft der Materie ist die Schwere. Man versteht darunter das Streben jedes Körpers, sich in gerader Linie

abwärts zu bewegen, wenn ihm seine Unterstützung entzogen wird. Der Stein fällt, wenn man ihm die Stütze raubt, welche ihn trug. Dieses Fallen geschieht in gerader Richtung; dergestalt, daß der fallende Körper, wenn ihn sonst nichts hinderte, den Mittelpunct der Erde durch seinen Fall erreichte. Schwer sind alle Erdkörper, da alle, auch z. B. die atmosphärische Luft, dieses Streben zu fallen äussern. Da nun dieses Streben als Wirkung erscheint, welcher nach dem Gesetze unsers Denkens, eine Ursache entsprechen muß, so hat man den Grund der Schwere die Schwerkraft genennt. Was wir von der Natur dieser Kraft zu erkennen vermögen, wird die Folge ausführlich erklären.

II. Eine Linie, nach welcher die Körper fallen, wenn man ihnen ihre Unterstützungen raubt, wird eine lothrechte oder senkrechte Linie genennt. Man kann sie anschaulich machen, wenn irgend ein Körper vermittelst eines Fadens aufgehängt und in vollkommener Ruhe betrachtet wird. Der gespannte Faden stellt die senkrechte Linie vor und der Körper würde nach ihrer Verlängerung fallen, wenn man den Faden ohne Störung zerschnitte. Zwey solcher Lothe, neben einander aufgehängt, sind im strengen Sinne des Wortes nicht vollkommen parallel, weil sie im Mittelpuncte der Erde ihren Vereinigungspunct hätten. Doch können sie, ohne merkbaren Fehler, für gleichlaufend gehalten werden.

III. Eine Ebene, auf welcher die senkrechte Linie senkrecht steht, heißt eine wagrechte Ebene, oder eine Horizontal-Ebene. Die Fläche eines ruhig stehenden Wassers gibt ein Bild von ihr. Doch können sehr große Wassermassen auf unserer Erde, welche einen Theil ihrer krummen Oberfläche bilden, nicht mehr als ebene Flächen angesehen werden. Ihre Krümmung tritt um so mehr hervor, je größer ihre Oberflächen sind.

IV. Wollte man gegen den Satz, daß alle Körper schwer sind, den Einwurf machen, daß manche Materien, dem Gesetze der Schwere zuwider, lothrecht emporsteigen, z. B. das Buchenholz in dem Wasser, der Rauch in der Luft, das Wasser in dem Zugheber u. s. w., so bedenkt man nicht, daß das Aufsteigen jener Körper gerade eine Folge von der Schwerkraft der Materie ist. Denn da das Wasser, seinem größern Gewichte gemäß, mit größerer Kraft zu sinken strebt, als das in ihm eingetauchte Holzstück, so fällt ersteres wirklich und letzteres wird durch die Kraft jenes Fallens gehoben. Auf gleiche Weise steigt der Rauch in der Luft empor, welche ebenfalls mit größerer Kraft zu sinken strebt, als er. Endlich wird das Wasser in dem Zugheber durch einen stärkern Druck der Luft, als der Gegendruck des Wassers ist, emporgehoben. Alles dieses wird weiter unten mit größerer Schärfe und Klarheit entwickelt werden.

§. 18.

Materie, Masse, Gewicht. Alles Materielle ist gleich schwer.

I. Alles, was im Stande ist, auf unsere Sinne zu wirken, heißt Materie. Die Menge der Materie aber, welche in einem bestimmten Raume enthalten ist, wird die Masse des Körpers genennt. Da nun die Materie, als solche, schwer ist, so wird auch jede Masse, sie enthalte noch so viel, oder noch so wenig materielle Theilchen, von der Schwerkraft afficirt werden. Nun lehrt aber die Erfahrung, daß der Druck, welchen verschiedenartige Körper von gleichem Volume, z. B. ein Cubikzoll Bley und ein Cubikzoll Holz auf ihre Unterstützungen äussern, sehr verschieden ist. Das Bley übt einen stärkern, das Holz einen weit schwächern Druck auf diese Unterlage aus. Die relative Verschiedenheit dieses Drucks bezeichnet man mit dem Worte Gewicht und sagt, das Bley habe ein größeres Gewicht als das Holz, welches mit ihm in gleichem Raume enthalten ist. Gewicht ist daher der verhältnißmäßig bestimmte Druck, welchen ein Körper auf seine Unterstützung äußert.

II. Das blose Gefühl ist oft schon im Stande, die Verschiedenheit dieses Drucks zu empfinden, z. B. wenn man zuerst einen Cubikzoll Bley, und dann einen Cubikzoll Holz auf die Hand legte. Indessen ist das Gefühl, bey feinern Unterschieden dieses Druckes, leicht trüglich. Ein bequemes, sehr empfindliches Werkzeug zur Angabe dieser feinern

Verschiedenheiten ist eine wohleingerichtete Waage, welche daher für den Naturforscher zu einem höchst nützlichen Instrumente wird.

III. Da man z. B. vierzehnmal so viel (nach dem Volume) reines Wasser haben muß, als die einfache Menge von Quecksilber beträgt, damit Beydes sich auf der Waage das Gleichgewicht hält, so nahm man an, daß in dem Raume des Quecksilbers vierzehnmal so viele materielle Theilchen enthalten seyen, als in dem gleichgroßen Raume des Wassers, und leitete somit die Verschiedenheit des Gewichtes gleich großer Körper aus der verschiedenen Menge des Materiellen ab, welches in ihrem Volume enthalten ist.

IV. Obgleich nun die meisten Körper in gleichem Raume verschiedenes Gewicht haben, so kann man sagen, daß sie alle, auch bey ihren sonst so sehr verschiedenen Eigenschaften, gleich schwer sind. Alle werden nämlich mit gleicher Kraft gegen das Centrum der Erde gezogen, obschon sie unter sich höchst verschiedenartig erscheinen, z. B. Bley, Wasser, Luft. Diesen Satz haben auch directe Versuche bestätigt, indem z. B. im luftleeren Raume der Stein nicht geschwinder zu Boden fällt, als die Pflaumfeder. Die Schwerkraft erscheint daher als eine Kraft, welche alles Materielle der Erde mit gleicher Stärke afficirt. Nur die Menge der materiellen Theilchen, welche im Volume eines Körpers enthalten sind, bewirkt einen verschiedenen Druck auf die Unterstützungen, d. h. ein verschiedenes Gewicht.

V. Wollte man dagegen einwenden, daß Bley und Holz deshalb ungleich schwer wären, weil die Bleykugel, welche mit einer gleich großen Holzkugel von der nämlichen Höhe und in demselbigen Momente herab zu fallen beginnt, den Boden früher erreicht, als jene: so ist dieser Einwurf zwar scheinbar, verschwindet aber, wenn man bedenkt, daß beyde Kugeln nicht im leeren Raume, sondern in der Luft d. h. in einem Medium fallen, welches dem fallenden Körper selbst Widerstand leistet. Dieser Widerstand wird hier von der fallenden Bleykugel schneller überwunden, als von der Holzkugel.

§. 19.

Absolutes und respectives Gewicht. Specifische Schwere.

I. Man versteht unter dem absoluten Gewichte eines Körpers den Druck, welchen er auf seine Unterlage äussert, ohne Rücksicht auf sein Volum zu nehmen. So spricht man z. B. vom Gewichte von drey Pfunden, und bekümmert sich nicht darum, ob dasselbe durch einen Körper von Eisen, von Stein, oder von Holz bestimmt werde. Die Waage hat es gemessen und an das Volum dieser Körper denkt man gewöhnlich dabey nicht.

II. Nimmt man aber bey dem Gewichte eines Körpers zugleich auf die Größe seines Raumes Rücksicht, so entsteht der Begriff von dem respectiven Gewichte, welches man auch die specifische Schwere (wiewohl unschicklich) zu

nennen pflegt. Könnte man z. B. alle Naturkörper in der Größe eines Cubikzolles darstellen, und nun wägen, so würden die Resultate der Waage die specifischen Gewichte derselben bestimmen. Die Erfahrung lehrt uns, daß die verschiedenartigen Körper, sowohl feste, als liquide und luftförmige, nach diesem eigenthümlichen Gewichte verschieden sind. Durch genaue Untersuchungen hat man, wie die Folge deutlicher lehren wird, gefunden, daß die Natur den verschiedenartigen Materien durch ihre verschiedene eigenthümliche Schwere ein natürliches und characteristisches Unterscheidungszeichen ertheilt habe. So ist z. B. jedes Metall von dem andern, jede Flüssigkeit von der andern, durch ein anderes Verhältniß dieses eigenthümlichen Gewichtes unterschieden.

§. 20.

Begriff der Dichtheit aus Volum und Masse.

I. Mit dem Begriffe vom eigenthümlichen Gewichte der Körper steht der Begriff der Dichtheit in der innigsten Verbindung. Denn Dichtheit und specifisches Gewicht entspringen aus der Größe der Masse, welche innerhalb eines bestimmten Volums enthalten ist. Die Dichtheit eines Körpers kann weder allein aus dessen Masse, noch auch einzig aus seinem Raumes-Inhalte ermessen werden. Volum und Masse, in gegenseitigem Verhältnisse betrachtet, sind die Elemente, woraus dieser Begriff hervorgeht. Wenn man z. B. blos von der Masse

von drey Pfunden spricht, so kann ihre Dichtheit so wenig erkannt werden, als wenn man eine unbestimmte Masse nennt, welche in dem Raume von fünf Cubikzollen enthalten ist. Denkt man sich aber drey Pfund Masse in dem Raume von fünf Cubikzollen vereinigt, so wird der Begriff ihrer Dichtheit sogleich aufgeklärt.

II. Hieraus folgt, daß die Dichtheit größer werde, wenn die Menge des Materiellen, d. h. die Masse vermehrt und das Volum, worin sie enthalten ist, vermindert wird. Auch ist klar, daß der Begriff der Dichtheit kein absoluter, sondern ein relativer Begriff sey, abhängig von einer bestimmten Masse in einem bestimmten Raume, wie nachfolgende Darstellung weiter erörtern wird.

§. 21.

Verhältnisse der Dichtheit.

I. Aus den Begriffen des vorigen §. ergeben sich leicht die verschiedenen Verhältnisse der Dichtheit bey Körpern von einerley Masse und verschiedenem Volume; oder von einerley Volum und verschiedener Masse; oder von verschiedener Masse und verschiedenem Volume. Wenn man die Dichtheiten mit D und d, die Massen mit M und m und die Voluminen mit V und v bezeichnet, so erhält man nachstehende allgemeine Gesetze:

II. Die Dichtheiten zweyer Körper von einerley Volume stehen im geraden Verhältnisse ihrer Massen; oder, bey $V = v$, ist $D : d = M : m$. Das Mittel,

die Größe der Massen verhältnißmäßig zu bestimmen, ist aber das genaue Wägen der Körper in Bezug auf eine zum Grunde gelegte Einheit. Da z. B. ein Cubikzoll Quecksilber mit vierzehn Cubikzollen Wasser das Gleichgewicht hält, so ist in einem Cubikzolle Quecksilber vierzehnmal so viel Masse, als in einem Cubikzolle Wasser enthalten, d. h. die Dichtheit des Quecksilbers verhält sich zu jener des Wassers wie 14:1.

III. Körper von gleichen Massen verhalten sich in Ansehung ihrer Dichtheit umgekehrt wie ihre Voluminen; oder, wenn $M=m$, so ist $D:d=v:V$. Wenn z. B. die nämliche Masse nur die Hälfte eines bestimmten Volums erfüllt, so ist ihre Dichtheit noch einmal so groß, als die Dichtheit der andern Masse, deren Volum $=1$ ist. Dächte man sich z. B. ein Loth Quecksilber und ein Loth Wasser, jedes in Gestalt einer Kugel, so würde das Volum der Wasserkugel vierzehnmal so groß, als jenes der Quecksilberkugel seyn. Könnte man daher, bey gleichem absolutem Gewichte verschiedenartiger Körper, ihre Volumina genau messen, so wäre es leicht, das Verhältniß ihrer Dichtheiten hiernach zu bestimmen.

IV. Wenn zwey Körper bey verschiedenen Massen auch verschiedene Voluminen haben, so stehen ihre Dichtheiten im zusammengesetzten Verhältnisse aus dem Geraden ihrer Massen und aus dem Verkehrten ihrer Voluminen; oder, bey $M>m$ und $V>v$ ist $D:d=M\times v:m\times V$.

Dieser Satz folgt unmittelbar aus den beyden vorhergehenden und kann auf folgende Weise leicht dargethan werden. Man nehme einen dritten Körper an, dessen Dichtheit $= S$, dessen Masse $= M$ und dessen Volum $= v$ ist, so verhält sich

$$D:S = v:V \quad M:m \text{ und}$$
$$S:d = M:m \quad v:V, \text{ folglich ist auch}$$
$$D:d = M \times v : m \times V.$$

V. Setzt man hierbey $D = d$, so ist auch $M \times v = m \times V$, woraus die Proportion $M:m = V:v$ hervorgeht, d. h. wenn die Dichtheiten zweyer Körper von verschiedenen Massen und Voluminen gleich sind, so verhalten sich ihre Massen gerade wie ihre Voluminen. Dies hat z. B. Statt, wenn man von demselbigen Wasser kleinere und größere Massen wegnimmt, in welchem Falle diese Massen in geradem Verhältnisse ihrer Voluminen stehen. Daher ist die kleinere Wassermasse mit der größeren von gleicher Dichtheit.

§. 22.

Erklärung einiger mathematischen Formeln in Bezug auf Dichtheit.

I. Die erste Formel, um die Masse durch Dichtheit und Volum zu bestimmen ist diese: $M = D \times V$, d. h. die Masse kann als das Product der Dichtheit und des Volums angesehen werden; so, daß wenn z. B. $D = 6$ und $V = 4$ wäre, die Masse $= 6 \times 4 = 24$ würde. Je mehr nämlich die Dichtheit anwächst und je größer das Volum ist, desto

größer muß auch die Masse werden, und umgekehrt; so, daß z. B. bey der doppelten Dichtheit und dem doppelten Volume eine viermal größere Masse erscheint.

II. Wollte man gegen die Richtigkeit dieser Formel einwenden, daß Dichtheit und Volum, als benannte Zahlen, nicht mit einander multiplicirt werden können, so muß man erwägen, daß hier die Dichtheit nicht als solche, mit dem Volume als solchem, sondern nur drr reine Zahlenwerth von beyden mit einander multiciplirt wird.

III. Aus dieser Formel folgt die zweyte $D = \frac{M}{V}$ d. h. die Dichtheit ist dem Quotienten aus der Masse dividirt durch das Volum gleich. Auch dieser Ausdruck wird verständlich, wenn man bedenkt, daß bey größerer Masse und kleinerem Volume die Dichtheit größer; bey kleinerer Masse und größerem Volume aber die Dichtheit kleiner wird. Beyspiele in Zahlen können hier wieder zur Erläuterung dienen.

IV. Die dritte Formel ist: $V = \frac{M}{D}$ d. h. das Volum gleicht einem Quotienten aus der Masse, dividirt durch die Dichtheit. Bey Zunahme der Masse und bey Abnahme der Dichtheit muß das Volum größer werden, so wie sich dasselbe bey verminderter Masse und vergrößerter Dichtheit vermindert. Auch hier können Zahlenbeyspiele mit Nutzen berechnet werden.

V. Aus dem Bisherigen folgt, daß man zur Bestimmung des specifischen Gewichts der Körper eine festgesetzte Einheit zum Grunde legen muß, nach welcher die eigenthümlichen Gewichte der übrigen Körper bestimmt werden. Das reine Wasser, bey einem bestimmten Grade von Temperatur, bietet hierzu die bequemste Einheit dar. Wie aber diese Aufgabe mit Genauigkeit aufgelöst werden könne, wird sich erst weiter unten erklären lassen.

§. 23.

Porosität der Körper.

I. Der Dichtheit der Materie steht die Porosität entgegen, welche man in so ferne auch eine allgemeine Eigenschaft der Körper nennen könnte, als kein Körper ohne Zwischenräume, die nicht mit seiner Materie angefüllt sind, in der Natur vorkömmt. Diese Eigenschaft der Materie, Zwischenräume zwischen ihren Theilchen zu haben, nennt man eben die Porosität. Je mehr diese Zwischenräume der Körper betragen, desto poröser sind sie, und im Gegentheile vermindert sich ihre Porosität mit der Menge ihrer physischen Theile in einem bestimmten Raume.

II. Hieraus folgt, daß alle von der Dichtheit bestimmten Verhältnisse auch auf die Porosität, nur umgekehrt, anwendbar seyen. Man nennt Körper, welche mit einer bedeutenden Menge von Poren versehen sind, auch lockere Körper und setzt hier das Lockere dem Dichten entgegen.

III. Alle Körper sind porös. Viele zeigen diese Zwischenräume dem unbewaffneten Auge, z. B. der Schwamm. In andern erblickt man dieselben durch microscopische Beobachtungen. Sogar viele, sonst bedeutend dichte Körper, z. B. die Metalle, haben das Daseyn solcher Zwischenräume zu erkennen gegeben. Ob auch z. B. das Glas porös sey, ist noch nicht durch directe Versuche erwiesen; doch scheint die Porosität dieses Körpers der Analogie gemäß. Auch liquide Stoffe können in soferne porös genannt werden, als sie eine bald größere, bald kleinere Menge von Luft zwischen ihren Theilchen enthalten.

§. 24.

Formen der Materie, oder Aggregat=Zustand der Körper.

I. Bisher wurden die Körper ganz im Allgemeinen betrachtet, ohne Rücksicht zu nehmen auf die besondern Aggregat=Zustände, worin sie unsern Sinnen erscheinen. Man versteht aber unter Form der Aggregation oder unter dem Aggregat=Zustande des Körpers die Art und Weise, wie uns derselbe hinsichtlich des Zusammenhangs und sonstigen Verhaltens seiner Theilchen erscheint, z. B. ob er fest, oder liquid, oder luftförmig ist, u. s. w.

II. Diese verschiedene Aggregat=Zustände genauer kennen zu lernen, ist wichtig und dient zur festen Bestimmung und Aufklärung der Begriffe. Daher soll dieses in den folgenden §§. entwickelt werden.

§. 25.

Feste Körper. Abstufungen der Festigkeit.

I. Feste Körper nennen wir jene, welche einen bemerkbaren Grad des Zusammenhanges in ihren Theilen zeigen; z. B. Metalle, Steine, Hölzer u. s. w. Hieraus folgt, daß dieser Begriff der Festigkeit nicht sowohl ein absoluter, als ein relativer Begriff ist. Man muß daher die Festigkeit irgend eines Körpers, welche wir sinnlich wahrnehmen, zum Grunde legen, um die Festigkeit anderer Materien durch Verhältnißzahlen darnach zu bestimmen.

II. Die Festigkeit der Körper hat sehr viele Stufen; so, daß wir hierbey eine große Menge von Uebergängen in der Natur wahrnehmen. Einen absolut festen Körper, dessen Theile wir durchaus nicht zu trennen im Stande wären, kennen wir nicht.

§. 26.

Harte und weiche Körper. Allmählige Uebergänge.

I. Wenn wir eine sehr bedeutende Kraft anwenden müssen, um die Theile eines festen Körpers zu trennen, so nennen wir diesen Körper einen harten, z. B. Diamant, Stahl u. s. w. Auch die Härte ist etwas Relatives und läßt verschiedene Grade zu; daher wir zwischen härtern und weniger harten Körpern mehrfach unterscheiden.

II. Weiche Körper nennen wir jene feste Substanzen, deren Theile mit geringer Kraft zu=

sammenhängen; so, daß wir leicht im Stande sind, diesen Zusammenhang aufzuheben. Weiches Wachs, weicher Thon sind Beyspiele davon. Auch hier gibt es vielerley Uebergänge, und wir unterscheiden mehr oder weniger weiche Körper. Auch kann die Grenzlinie zwischen dem Ende der Weichheit und dem Anfange der Härte so wenig scharf gezogen werden, als bey immer zunehmender Weichheit die Grenze des Weichen und Flüssigen genau bestimmt ist.

III. Härte und Weichheit hängen vielfach von dem Grade der einwirkenden Wärme ab. Das Wachs z. B. erscheint in einer niedern Temperatur als harter Körper; führt man ihm nach und nach Wärme zu, so vermindert sich die Härte, der Körper wird allmählig erweichet; seine Weichheit nimmt abermal zu, bis derselbe bey fortwirkender Wärme sogar flüssig werden kann.

§. 27.

Dehnbare und spröde Körper.

I. Einige feste Körper haben die Eigenschaft, daß sich ihre Theilchen, durch Anwendung mechanischer Kräfte, sehr verschieben lassen, ohne ihren Zusammenhang zu verlieren. Man nennt sie dehnbare Körper, und diese Eigenschaft die Dehnbarkeit oder Ductilität. Das Gold liefert ein auffallendes Beyspiel von Dehnbarkeit, wie dieses z. B. das Verfertigen der Goldplättchen und der Golddräthe beweiset. Auch Silber und Kupfer sind vorzüglich dehnbare Metalle, wie so-

wohl aus der Verfertigung der Silberdräthe, als auch aus der mannigfaltigen Gestalt folget, welche man dem Küpfer durch Hämmern geben kann.

II. Den dehnbaren Körpern gegenüber stehen die spröden, deren Theile sich nicht leicht verschieben lassen, ohne ihren Zusammenhang zu verlieren. Zum Beyspiele dienet Spießglanz, Arsenik und Wißmuth, welche sich unter dem Hammer nicht dehnen, sondern in Stückchen zerspringen. Auch das Glas und der Eis zeigt sich von vorzüglicher Sprödigkeit. Beyde sind nicht dehnbar, sondern zerreißen selbst an solchen Stellen, auf welche der äussere Stoß nicht unmittelbar einwirkt. Vorzüglich wird die Erscheinung der Sprödigkeit durch die sogenannten Glastropfen anschaulich, welche man erhält, indem eine kleine Masse geschmolzenen Glases plötzlich in das Wasser geworfen wird und darin sehr schnell erstarret.

III. Auch zwischen der Dehnbarkeit und Sprödigkeit ist keine scharfe Grenzlinie in der Natur gezogen und es gibt Körper, welche zwischen den dehnbaren und spröden das Mittel halten, halb dehnbar und halb spröde sind, z. B. das Zink.

§. 28.

Elastische und unelastische Körper.

I. Eine besondere Gattung fester Körper sind die elastischen. Man versteht darunter jene, welche die Fähigkeit haben, durch Anwendung mechanischer Kräfte in ihrer Gestalt verändert zu wer-

den, aber sogleich wieder dieselbe annehmen, wenn die äussere Kraft zu wirken aufhört. Die Elfenbeinkugel, welche von einer gewissen Höhe auf eine Marmorplatte fällt, verliert im Momente des Anstosses ihre Kugelform, ihr senkrechter Durchmesser wird kleiner, der waagrechte größer. So wie diese Veränderung der Gestalt im ersten Momente geschieht, so erfolgt unmittelbar darauf die Wiederherstellung der vorigen Form, wodurch die Kugel von der Platte zurückprellt. Auch der Stahl, die gehämmerten Metalle, Haare und Federn der Thiere, u. s. f. geben Beyspiele von elastischen Körpern.

II. Eine Masse wäre vollkommen elastisch, wenn die Wiederherstellung ihrer Theile in die vorige Form genau mit der nämlichen Kraft geschähe, womit ihre Verschiebung geschah. Wäre z. B. die Kugel von Elfenbein vollkommen elastisch, so müßte sie nach dem senkrechten Falle auf die waagrechte Marmorplatte, wenn die Luft keinen Widerstand leistete, wieder zur nämlichen Höhe emporspringen, von welcher sie herabgefallen war. Dergleichen vollkommen elastische Körper kennen wir nicht, und es herrscht auch hier eine sehr mannigfaltige Stufenfolge in Rücksicht der größern oder geringern Elasticität.

III. Die Wirkung der Elasticität setzt jedesmal theils eine vorhergegangene Compression, theils eine Auseinanderdehnung der Theilchen des Körpers zum voraus. Aber diese Theilchen bleiben

nicht in jener veränderten Spannung, sondern stellen sich wiederum in ihre vorige Lage zusammen. Der Grund der Elasticität ist uns eben so verborgen, als wir die Ursache der Dehnbarkeit und Sprödigkeit noch nicht kennen.

IV. Unelastische Körper nennt man jene, welche die Erscheinung der Elasticität gar nicht, oder in einem kaum bemerkbaren Grade zeigen. Z. B. der an der Luft mäßig getrocknete Thon.

V. Auch die atmosphärische Luft, welche uns umgibt, ist ein elastischer Körper zu nennen. Denn wenn man z. B. ein Schoppenglas in umgekehrter Lage mit seinem Rande auf die Wasserfläche setzt, und dasselbe nun allmählig tiefer eintaucht, so wird die in dem Glase enthaltene Luft stufenmäßig mehr verdichtet werden, indem das Wasser immer höher in dem Glase emportritt. Die Lufttheilchen befinden sich hier in einem comprimirten Zustande, und man fühlt die Kraft, womit sie sich in ihren vorigen Raum herzustellen streben. Ausser der atmosphärischen Luft kömmt diese Elasticität noch mehreren andern luftförmigen Körpern zu.

§. 29.

Flüssige Körper im Allgemeinen.

I. Den Gegensatz des Festen bildet das Flüssige. Die Flüssigkeit der Körper besteht darin, daß sich ihre Theilchen mit einer kaum bemerkbaren Kraft verschieben lassen. Beyspiele flüssiger Körper

sind Wasser, Quecksilber, Oel, die atmosphärische Luft, die Dämpfe u. s. w.

II. Die Grenzlinie zwischen weichen und flüssigen Körpern ist ebenfalls nicht scharf in der Natur gezogen, sondern es finden hier unzählige Zwischenstufen Statt. Besondern Einfluss auf die Bildung flüssiger Substanzen, und selbst auf den Grad ihrer Flüssigkeit, hat die Wärme.

§. 30.

Tropfbar-flüssige Körper, oder liquide Materien.

I. Einige Flüssigkeiten zeigen uns die Eigenschaft, daß sie Tropfen bilden, wenn sie in kleinern Massen sich selbst überlassen sind. Auch ist der Zusammenhang ihrer Theile immer noch bemerkbar. Man nennt sie tropfbare Flüssigkeiten oder liquide Körper. Zum Beyspiele dienen: Wasser, Quecksilber, Milch, Bier, Oel u. s. w.

II. Eine weitere Eigenschaft der liquiden Körper ist, daß sie sich, durch Anwendung äusserer Kräfte, nicht bemerkbar comprimiren lassen. Dieses haben z. B. viele Versuche in Ansehung des Wassers gelehrt. Eine hohle Metallkugel, welche durchaus mit Wasser angefüllt war, und unter eine wirksame Presse gebracht wurde, vermittelst welcher man auf sie einwirkte, veränderte ihre Gestalt nicht merkbar; das Wasser aber zeigte sich an ihrer äussern Fläche wie ein feuchter Beschlag. Hieraus folgt, daß das Wasser nicht bedeutend zusammendrückbar, aber so fein theilbar ist, daß es die sehr engen

Poren des Metalls zu durchdringen im Stande war.

§. 31.

Expansiv-flüssige Körper, oder Luftförmige Stoffe.

I. Eine andere Art der Flüssigkeiten bilden die expansiblen oder luftförmigen Körper. Man versteht darunter jene Flüssigkeiten, welche die Fähigkeit besitzen in bedeutend engere Räume comprimirt zu werden, und sich wiederum in den vorigen Raum herzustellen, wenn die zusammendrückende Kraft nachläßt. Unsere atmosphärische Luft ist das bekannteste Beyspiel davon.

II. Diese luftförmige Stoffe unterscheiden sich aber von den liquiden noch dadurch, daß sie ein weit geringeres eigenthümliches Gewicht und eine weit größere Beweglichkeit, als jene besitzen. Es gibt ihrer zwey Hauptgattungen: Dämpfe und Gase, deren physische Eigenschaften nunmehr anzugeben sind.

§. 32.

Dämpfe. Bedingnisse ihrer Bildung und Zersetzung.

I. Es gibt expansiv-flüssige Körper, welche ihre luftförmige Gestalt verlieren, wenn sie entweder mit bedeutender Kraft zusammengepreßt, oder einem niedern Grade von Temperatur ausgesetzt werden. Man nennt sie Dämpfe oder dampfförmige Flüssigkeiten, z. B. der Wasserdampf, der Dampf des Quecksilbers u. s. w.

II. Eine allgemeine Bedingniß zur Bildung dieser Dämpfe ist ein gewisses Maas von freyer Wärme. So wird z. B. das Wasser, wenn es gehörig erhitzt ist, in Dampf, d. h. in einen luftförmigen Körper verwandelt, welcher seine luftförmige Gestalt wiederum verliert, indem man ihm einen Theil dieser Wärme entzieht, oder wenn er in einem geschlossenen Gefässe gehörig zusammengepreßt wird.

III. Alle Dämpfe bestehen aus einer gewissen Grundlage oder Basis, d. h. aus einem Körper, welcher fähig ist, den dampfförmigen Zustand anzunehmen. Zur wirklichen Bildung dieses Zustandes ist aber jedesmal ein gewisses Maas von freyer Wärme erforderlich, welches bey verschiedenen Körpern verschieden ist. So geräth z. B. der Weingeist bey geringerer Wärme ins Kochen, als das Wasser.

§. 33.

Gase. Bedingungen ihrer Bildung und Zersetzung.

I. Jene luftförmige Stoffe, welche die Fähigkeit haben, comprimirt zu werden, aber bey keinem Grade ihrer fortgesetzten Verdichtung ihre luftförmige Gestalt verlieren, auch dieselbe bey jedem Grade von verminderter Temperatur beybehalten, werden Gase oder gasförmige Körper genennt. Zum Beyspiele dient die atmosphärische Luft, welche durch keinen Grad der Zusammenpressung oder der Kälte aufhört, ein luftförmiger Körper zu seyn. Daher

nennt man die Gase auch permanent luftförmige Stoffe; im Gegensatze mit den Dämpfen, deren luftförmige Gestalt durch einen gewissen Grad von Temperatur und geringerer Compression bedingt ist.

II. Alle Gase entstehen durch Einwirkung der Wärme, welche entweder feste oder flüssige Körper in den gasförmigen Zustand versetzt. Man sagt: alle Gase seyen zusammengesetzt aus einer eigenthümlichen Grundlage oder Basis, und aus der Wärme, welche jener Basis den gasförmigen Zustand ertheilt. Das Gas wird zersetzt, wenn sich die Basis von der Wärme scheidet, wodurch die luftförmige Gestalt desselben aufhört.

III. Die neuere Chemie hat eine bedeutende Menge von Gasen entdeckt, welche den ältern Chemikern entweder ganz und gar, oder zum Theil unbekannt waren. Unsere atmosphärische Luft z. B. ist eine Zusammensetzung von drey verschiedenen Gasen, welche man Lebensluft oder Sauerstoffgas, Stickluft oder Stickgas, und kohlensaures Gas nennt. Ausser diesen Gasen enthält die atmosphärische Luft auch noch einen veränderlichen Antheil von Wasserdämpfen. Die nähere Kenntniß dieser wichtigen Naturkörper gehört in das Gebiet der Chemie.

§. 34.

Die vier Elemente der Peripatetiker.

I. Es ist bekannt, daß die Peripatetiker vier besondere Elemente unterschieden haben, welche

man Erde, Wasser, Luft und Feuer nennt. Obwohl die neuere Chemie gelehrt hat, daß die Körper der Natur aus einer weit größern Menge von einfachen heterogenen Grundstoffen bestehen, so kann man jenen vier Elementen der Alten dennoch Brauchbarkeit zugestehen.

II. Die Erde nämlich ist der allgemeine Stellvertreter der festen Körper, das Wasser jener der liquiden Stoffe; die atmosphärische Luft ist der Repräsentant aller luftförmigen Substanzen, und unter dem Feuer kann man alle jene feinere Agentien der Natur verstehen, welche wir mit den Worten: Wärme, Licht, Electricität, Magnetismus u. s. f. benennen.

III. Die Urstoffe der Körper aufzufinden, d. h. jene Stoffe, welche unter sich verschiedenartig und nicht mehr in heterogene Theile zerlegbar sind, ist das Geschäft der Chemie, welche eben deshalb auch Scheidekunst heißt. Allein nicht blos das Zerlegen des Zusammengesetzten in das Einfache ist ihre Aufgabe, sondern sie lehrt auch das Zusammengesetzte, durch schickliche Synthesis aus dem Einfachen herzustellen.

§. 35.

Uebersicht der verschiedenen Aggregat-Zustände.

I. Aus der bisherigen Darstellung entsteht folgende systematische Uebersicht der verschiedenen Formen der Aggregation.

II. Die Körper sind entweder feste oder flüssige. Die festen Massen theilen sich in harte und in weiche und bey den harten unterscheidet man wieder dehnbare oder spröde, elastische oder unelastische Körper.

III. Die Flüssigkeiten erscheinen entweder als tropfbar-flüssige Körper oder als expansibel flüssige Körper, und die expansibeln Flüssigkeiten sind entweder Dämpfe oder Gase.

Zweyte Abtheilung.

Erscheinungen fester Körper.

§. 36.

Verschiedene Grade der Festigkeit.

I. Da die Festigkeit der Körper sich als eine Erscheinung darstellt, nach welcher die Theilchen der Materie mit einer bemerkbaren, größern oder geringern, Stärke zusammenhängen, die man aus dem Grade jener mechanischen Kraft erkennt, welche zur Trennung dieses Zusammenhanges verwendet werden muß, so hat man von dem Daseyn dieser Wirkung auf ihre Ursache geschlossen und die Festigkeit als Folge einer anziehenden Kraft betrachtet, welche die Theilchen des Körpers gegenseitig verbindet. Die Natur dieser Kraft ist uns aber unbekannt.

II. Man möchte glauben, daß dichtere Körper auch einen größern Grad von Festigkeit zeigten, als weniger dichte, weil in jenen die Theilchen in engerer Berührung stehen, und die Kraft des Zusammenhanges der Menge dieser Berührungspuncte

proportional scheinen könnte. Die Versuche lehren aber oft das Gegentheil. Bley und Gold, weit dichter als Eisen, stehen dem letztern an Festigkeit ungemein nach. Will man also die verschiedene Cohärenz der Körper bestimmen, so muß die Erfahrung um Rath gefragt werden, d. h. man muß Versuche anstellen.

§. 37.

Mouschenbröck's Versuche über die Cohärenz der Metalle.

I. Mouschenbröck erzählt in seiner introductio ad cohaerentiam corporum firmorum und in seiner introductio ad philosophiam naturalem die Resultate aus einer großen Menge solcher Versuche, wovon hier nur einige wenige angeführt werden sollen.

II. Er ließ von reinen Metallen viereckige Stängchen gießen, deren Querschnitte Quadrate waren, welche $^{17}/_{100}$ des rheinländischen Zolles im Gevierten betrugen und verschiedene Länge hatten. Diese Metallstäbchen wurden an einem Ende in senkrechter Richtung befestigt, an das andere aber wurde eine Waagschaale angebracht, welche man nach und nach mit vermehrten Gewichten beschwerte, bis die Stäbe zerrissen. Die Kraft, welche dazu nothwendig war, konnte als ungefähres Maas der Cohärenz ihrer Theile gelten.

III. Die Resultate waren folgende:

Gold zerriß von	578 Pf.	das spec. Gew. ist				19,238
Kapellensilber —	1156 —	—	—	—	—	11,091
Kupfer —	638 —	—	—	—	—	8,181

Japanisches Kupfer von 573 Pf. d. spec. Gew. ist		8,726
Deutsches Eisen	— 1930 — — — —	7,807
Englisches Zinn	— 150 — — — —	7,807
Englisches Bley	— 25 — — — —	11,333

IV. Wenn diese Metalle nach dem Gusse gehämmert wurden, so fand Mouschenbröck, daß ihre Cohärenz zunahm; jedoch nur bis zu einem gewissen Grade. Wurden sie zu lange geschlagen, so verminderte sich die Festigkeit wieder.

V. So nützlich diese und ähnliche Versuche für practische Anwendungen sind, so bestimmen sie dennoch den wahren Grad der Cohärenz nicht vollkommen genau. Denn, da z. B. die Metalle verschiedene Dehnbarkeit besitzen, so werden die Stäbchen, ehe sie zerreissen, mehr oder weniger in die Länge gezogen, wodurch ihr mittlerer Querschnitt, nach welchem sie zerreissen, mehr oder weniger verkleinert wird. Auch müßte man die verschiedene Verschiebbarkeit der Theilchen dieser Körper in Anschlag bringen.

§. 38.

Dessen Versuche über die Cohärenz der Hölzer.

I. Mouschenbröck ließ hölzerne Stäbchen in Form vierkantiger Balkenstücke verfertigen, deren Querschnitte ebenfalls $^{17}/_{100}$ im Gevierten betrugen, und behandelte sie wie die Metallstäbchen.

II. Die Resultate waren folgende:

Buchenholz zerriß von 1250 Pf.

Eschenholz — — 1250 —

Eichenholz zerriß von			1150	Pf.
Lindenholz	—	—	1000	—
Erlenholz	—	—	1000	—
Ulmenholz	—	—	900	—
Tannenholz	—	—	600	—
Fichtenholz	—	—	550	—

III. Diese Versuche sind besonders schätzbar für mannigfaltige technische Anwendungen, obwohl sie auch wieder kein genaues Maas für die Kraft der Cohärenz der Körpertheile geben.

§. 39.

Cristallisation und Cristalle.

I. Die Erfahrung lehrt, daß sehr viele feste Körper unter regelmäßigen Gestalten erscheinen, und unter den nämlichen Bedingungen immer einerley Formen darbieten. Zum Beyspiele dienen vorzüglich die Salze, als: Kochsalz, Salpeter, Klaubersalz u. s. w. Diese regelmäßige Formen, unter welchen wir die Naturkörper entweder ohne unser Zuthun, oder durch unsere Beyhülfe erblicken, werden Cristalle genennt.

II. Diese Regelmäßigkeit der Gestalt zeiget sich auch an sehr vielen andern Körpern, z. B. an Erden und Steinen, Metallen und Schwefel. Man nennt die Erscheinung, nach welcher sich diese regelmäßige Formen bilden, die Cristallisation der Körper. Sie ist demnach jener Proceß, durch welchen die Cristalle gebildet werden.

§. 40.

Bedingungen zur Cristallisation.

I. Nicht unter allen Umständen bilden sich regelmäßige Cristalle. Die Cristallisation fodert als Hauptbedingung, daß die Körper aus dem Zustande der Festigkeit in jenen der Liquidität übergehen, und sodann wiederum allmählig und ohne Störung sich zu festen Massen bilden können. Da nämlich die regelmäßige Gestalt der Cristalle eine Folge ist von dem eigenthümlichen Gesetze der Anziehung der kleinsten Körpertheile, so müssen dieselben hinreichend beweglich seyn, um dieser Kraft mit Leichtigkeit zu folgen. Wirken dagegen von aussen bedeutende Bewegkräfte ein, so hindern diese das allmählige Zusammentreten dieser Theilchen nach dem Gesetze ihrer Anziehung und die Regelmäßigkeit der Formen wird verunstaltet.

II. Zur Erläuterung diene Folgendes: Man pulverisire eine Portion Kochsalz, an welchem man nunmehr keine bestimmte Regelmäßigkeit der Form erkennen wird, werfe es in eine verhältnißmäßige Menge reinen Wassers, in welchem dasselbe bald aufgelöst wird. Setzt man nun dieses Salzwasser einer gelinden Wärme aus, so wird das Wässerige allmählig verdünsten, die Salztheilchen aber treten nach bestimmten Richtungen zusammen und bilden regelmäßig gestaltete Körper, welche man die Cristalle des Kochsalzes nennt. Das pulverisirte Salz mußte hier im Wasser aufgelöst werden, um den

Salztheilchen die nöthige Beweglichkeit zu geben. Die Wärme mußte allmählig einwirken, um die Flüssigkeit nicht in allzuheftige Bewegung zu versetzen. Denn wenn man die Hitze bis zum Kochpuncte steigerte, so würde die Verdünstung des Wassers allzurasch von Statten gehen, und die entstehenden Salzcristalle würden verkrüppelt.

§. 41.

Fernere Erläuterungen der Cristallisation.

I. Auch die Bildung des Eises liefert ein Beyspiel der Cristallisation. Wenn man zusieht, wie eine ruhige Wasserfläche allmählig gefriert, so bemerkt man zuerst sehr feine Eisnadeln, welche sich schnell auf der Wasserfläche nach der Länge hin bilden. Mehrere dieser Nadeln verbinden sich nun unter Winkeln von sechszig oder von hundert zwanzig Graden und bilden in ihrer Vereinigung eine dünne Eisschichte, welche sich nun allmählig verdickt.

II. Auch die Bildung des Eises an den mit Wasser bedeckten Fensterscheiben liefert einen Beweis von der Regelmäßigkeit der Eiscristalle. Die mancherley Verzweigungen und Blumen, welche man hier erblickt, sprechen dieselbe hinlänglich aus.

III. Selbst der Schnee zeigt theils dem unbewaffneten, theils dem bewaffneten Auge eine Regelmäßigkeit der Gestalt, welche man an vielen Schneeflocken mit der größten Genauigkeit erkennt.

IV. Auch die Metalle, obwohl man bey ihnen im gewöhnlichen Zustande keine Regelmäßigkeit der

Formen wahrnimmt, sind dennoch cristallisirbar. Die sogenannten Metallbäumchen z. B. der Bleybaum und Zinnbaum erläutern dieses.

V. Desgleichen liefern die sogenannten cristallinischen Sublimate Beyspiele hiezu. Man nennt sie, wegen ihrer Regelmäßigkeit, Blumen, z. B. Schwefelblumen, welche entstehen, wenn die Schwefeldämpfe aus einem geschlossenen Gefäße in ein anderes übertreten und sich in demselben allmählig verdichten. Auf ähnliche Art bilden sich die Zinkblumen.

§. 42.

Cristallisations-Wasser.

I. Von besonderer Wichtigkeit zeigt sich das Cristallisations-Wasser. Man setze z. B. eine genau abgewogene Menge von Glaubersalz einer bedeutenden Hitze aus, so wird die Regelmäßigkeit seiner Form verschwinden und das Salz als unscheinbares Pulver erscheinen, auch am Gewichte bedeutend verlieren. Wirft man nun dieses Pulver in reines Wasser, worin es sich auflöst, und setzt dieses Salzwasser einer gelinden Wärme aus, so verdampft das Wasser, und die Salztheilchen treten in regelmäßigen Cristallen zusammen. Werden dieselben, nachdem sie an der Luft abgetrocknet sind, abermals gewogen, so zeigt sich das primitive Gewicht wieder. Da die Wiederherstellung dieses Gewichtes nur durch den Beytritt des Wassers möglich ist, so gehört zur Bildung

dieser Salzcristalle eine bestimmte Menge von Wasser, welches eben deshalb Cristallisations-Wasser genennt wird.

II. Die Menge dieses Cristallisations-Wassers beträgt im Glaubersalze, auch im mineralischen Alcali, im Alaun und Eisenvitriole fast die Hälfte vom Gewichte dieser Körper. Kochsalz und Salpeter enthalten aber nur weniges davon. Man muß annehmen, daß dieses Wasser sich in den Cristallen in dem Zustande der Festigkeit befindet und ein wesentlicher Bestandtheil von ihnen ist. Denn die Kraft der Hitze, raubt den Cristallen dieses Wasser und mit ihm auch ihre cristallinische Bildung, welche ihnen wiederum durch Aufnahme des Wassers zu Theil wird.

§. 43.

Besondere Entstehung der Cristalle.

I. Bisweilen entstehen die Cristalle durch eine erfolgende Abkühlung jener Flüssigkeiten, worin feste Körper aufgelöst sind. Wenn man z. B. in heißem Wasser so viel Salpeter auflöset, als geschehen kann, und nun diese Flüssigkeit allmählig wiederum erkalten läßt, so bilden sich Cristalle dieses Salzes. Der Grund liegt darin, daß Flüssigkeiten von höherer Temperatur eine größere Menge eines festen Körpers auflösen können, als wenn sie weniger erwärmt sind. Bey dem allmähligen Erkalten wird also ein Theil des aufgelösten Körpers ausgeschieden, welcher sich cristallinisch bildet.

II. Auch erhält man Salzcristalle aus der Auflösung von Salzen in Wasser dadurch, daß man Weingeist in die aufgelöste Masse gießet. Dies zeigt sich z. B. bey dem Glaubersalze, Kochsalze, und dem vitriolisirten Weinstein. Da sich nämlich der Weingeist mit dem Wasser sehr begierig vereinigt, so wird der Salzauflösung ein bestimmter Theil ihres Wässerigen entzogen und die hierdurch aus der Auflösung geschiedenen Salztheilchen treten als Cristalle zusammen.

§. 44.

Hauy's Verdienste um die Cristallisations-Lehre.

I. Vorzügliche Verdienste um die Lehre von der Cristallisation hat sich Hauy dadurch erworben, daß er größere Cristalle mechanisch in kleinere theilte, welche entweder mit ihnen ähnliche oder verschiedenartige Formen haben. Er setzte den wichtigen Unterschied zwischen primitiven und secundären Gestalten fest. Seine Lehre findet man vollständig entwickelt in dessen Handbuche der Mineralogie, übersetzt von Karsten und Weiß.

II. Es ist merkwürdig, daß sich die primitiven Gestalten als stereometrische Körper, welche mitunter ganz regelmäßig sind, darstellen. Sie lassen sich auf sechs zurückführen; nämlich:

1) Das Parallelopipedum. Es begreift auch den Würfel und alle Körper unter sich, welche von sechs Seitenflächen begrenzt werden, deren zwey gegenüberstehende parallel sind,

2) das regelmäßige Tetraeder,
3) das reguläre Octaeder,
4) die sechsseitige Säule,
5) das Dodecaeder mit gleichen und ähnlichen Rautenflächen, endlich
6) das Dodecaeder mit dreyseitigen gleichschenklichen Flächen.

III. Aus der mannigfaltigen Zusammensetzung dieser primitiven Gestalten entspringen sodann sehr verschiedenartige secundäre Formen; so, daß man auch hier die Mannigfaltigkeit der Natur zu bewundern Ursache hat.

IV. Diese verschiedene cristallinische Bildungen lassen sich nicht wohl mit Worten beschreiben. Selbst Zeichnungen geben keine vollständige Anschauungen der Sache. Daher sind genau verfertigte **Modelle** vorzüglich zu empfehlen.

§. 45.

Weitere Frage.

So Vieles nun auch in der Cristallographie bereits geschehen ist, so bleibt, zur wissenschaftlichen Vollendung dieser Lehre, noch die Beantwortung der Frage übrig: Nach welchen Gesetzen müssen jene Kräfte wirken, durch deren Thätigkeit irgend eine bestimmte cristallinische Form gebildet wird? So wichtig die Beantwortung derselben ist, so aufrichtig muß man gestehen, daß wir noch weit von der befriedigenden Auflösung dieses Problems ent-

fernt sind, obwohl im Einzelnen bereits schätzbare Anfänge dazu gemacht wurden.

§. 46.

Formen organischer Körper.

Auch in dem Reiche organischer Wesen findet man regelmäßige Formen. Physiologische Zergliederungen der Pflanzen und Thierkörper lehren dieses auf unzweydeutige Art. Aber man findet hier nicht die eckigen Gestalten der Mineralien, sondern freyere Formen treten dem Beobachter entgegen. Gleichwie in den organischen Körpern ein höheres Leben waltet, so entspricht auch die Formbildung ihrer Theile diesem höhern Gesetze. Was man bey vegetabilischen und animalischen Körpern den Bildungstrieb nennt, ist eine, unserer Forschung eben so unbekannte Kraft, als es diejenige ist, durch deren Wirkung sich die cristallinischen Formen der Fosilien bilden.

§. 47.

Uebergang zu den Erscheinungen der Adhäsion.

I. Die bisherigen Betrachtungen der verschiedenen Formen der Naturkörper lassen sämmtlich auf das Streben der Materie schließen, sich in ihren Theilchen gegenseitig und nach bestimmtem Gesetze zu vereinigen. Man bezeichnet dieses Streben des Materiellen mit dem Worte Anziehungskraft. Das Wesen derselben ist uns unbekannt. Ihre Erscheinungen und Gesetze aber können wir erforschen.

II. So wie seither diese Anziehung der Theilchen in einem und demselben Körper, als individuellem Ganzem sich dargestellt hat, so zeigt sich ein ähnliches Phänomen der Attraction in getrennten Körpern.

III. Wenn man z. B. zwey Messing-, oder Bley-, oder Marmor-Platten gehörig ebnet und dieselben nunmehr mit diesen geebneten Flächen in gegenseitige Berührung bringt, so lehrt die Erfahrung, daß sie mit einer merkbaren Kraft zusammenhängen, ohne im eigentlichen Sinne einen Körper zu bilden. Man kann diese Erscheinung die Adhäsion nennen, welche auf diese Weise von der Cohäsion oder Cohärenz unterschieden ist.

§. 48.

Mouschenbröck's Versuche.

I. Ueber die Größe dieser Adhäsionskräfte verdankt man dem oben erwähnten Mouschenbröck eine Reihe von genauen Versuchen. Denn auch hier kann nur der Versuch die Stärke dieser Kraft angeben. Er ließ Cylinder von verschiedenen Materien verfertigen. Die Durchmesser ihrer Grundflächen betrugen 1,916 rheinl. Zolle. Diese Grundflächen wurden genau polirt, erwärmt, mit Rindstalg bestrichen, gehörig zusammengesetzt und nun durch eine stufenmäßig anwachsende Kraft von bestimmten Gewichten nach dem Erkalten zerrissen. Da hiebey der Druck der Luft in Anschlag zu bringen ist, indem diese Cylinder auf beyden Seiten

hievon afficirt werden, so berechnete er denselben zu 41 Pfunden und brachte ihn sodann nach dem erhaltenen Resultate wieder in Abzug.

II. Nach dieser Vorrichtung adhärirten Cylinder von

Glas	mit	130	Pf.	Nach Abzug des Luftdrucks v. 41 Pf.	mit	89
Messing	—	150	—		—	109
Kupfer	—	200	—		—	159
Silber	—	125	—		—	84
Gehärteter Stahl	—	225	—		—	184
Weichem Eisen	—	300	—		—	259
Zinn	—	100	—		—	59
Bley	—	275	—		—	231
Weisem Marmor	—	225	—		—	184
Schwarz. Marmor	—	230	—		—	189
Elfenbein	—	108	—		—	67

§. 49.

Adhäsion fester Körper mit liquiden.

I. Gleichwie feste Körper, wenn sie sich gegenseitig viele Berührungspuncte darbieten, mit bedeutender Kraft adhäriren, selbst dann, wenn sie unter sich heterogen sind, so bietet auch die Berührung fester Körper mit liquiden ähnliche Erscheinungen dar; zum Beweise, daß auch Stoffe von verschiedener Form der Aggregation eine gegenseitige Anziehung äussern. So adhäriren z. B. Glasscheiben, welche man mit der Wasserfläche gehörig in Berührung bringt, mit bedeutender Kraft. Eben

so, jedoch mit verschiedener Stärke, adhärirt das Glas mit Milch, Bier, Essig, Wasser u. s. f.

§. 50.

Von Morveau's Versuche.

I. Dieser Naturforscher ließ runde Metallplatten von einem Zoll im Durchmesser verfertigen und bestimmte die Kraft, mit welcher sie auf Quecksilber adhärirten.

II. Die Resultate waren folgende:

Gold	adhärirte	mit	einem	Gewichte	von	446 Gran
Silber	—	—	—	—	—	446 —
Zinn	—	—	—	—	—	418 —
Bley	—	—	—	—	—	397 —
Wismuth	—	—	—	—	—	372 —
Zink	—	—	—	—	—	204 —
Kupfer	—	—	—	—	—	142 —
Eisen	—	—	—	—	—	115 —

§. 51.

Anwendungen davon.

Auf diese Adhäsion hetrogener, fester und flüssiger Körper gründen sich viele Anwendungen in Künsten und Handwerken z. B. das Vergolden, Versilbern, Verzinnen, das Kitten, Löthen und Leimen, auch die Belegungen der Spiegel u. s. w. In allen diesen Fällen ist es die Kraft der Anziehung verschiedenartiger Körper, welche ihre Theile mit so großer Stärke verbindet.

§. 52.

Gesetz der Adhäsion.

I. Es möchte scheinen, daß diese Adhäsion im geraden Verhältnisse der Dichtheit der Materie stände, da dichtere Körper sich gegenseitig eine größere Menge von Berührungspuncten darbieten. Indessen hat die Erfahrung gelehrt, daß dies nicht sey Daraus folget abermal, daß diese Adhäsions-Kraft. in Etwas ihren Grund habe, was uns durchaus unbekannt ist, und mit dem Wesen der Materie in Verbindung steht.

II. Bey festen Körpern von einerley Art, oder auch bey einerley festen in Bezug auf liquide, läßt sich als Gesetz annehmen, daß die Adhäsion im geraden Verhältnisse der gegenseitigen Berührungspuncte, d. h. im geraden Verhältnisse der Flächen stehe, welche die Berührung bilden. Scheiben von dem nämlichen Glase, deren Durchmesser 1, 2 und 3 sind, adhäriren auf dem Wasser mit Kräften, welche sich wie 1, 4, 9 verhalten. Die Kreisflächen stehen nämlich im geraden Verhältnisse der Quadrate ihrer Durchmesser.

III. Das Daseyn, oder der Mangel einer Adhäsion zwischen festen und liquiden Körpern bietet noch im Besondern eine reichhaltige Menge von Erscheinungen dar, welche nun näher betrachtet werden sollen.

§. 53.

Feuchtwerden oder Nichtfeuchtwerden eines festen Körpers durch den liquiden.

I. Wenn feste Körper von verschiedener Art in verschiedenartige liquide Materien eingetaucht und aus ihnen herausgenommen werden, so sind sie entweder auf ihrer Oberfläche von den liquiden Körpern befeuchtet, oder nicht.

II. Die Glasstange, welche man aus dem Wasser, Weine, Biere, oder aus Milch, Oel zieht, ist auf ihrer Oberfläche befeuchtet; war sie dagegen in Quecksilber getaucht, so ist sie nicht mit Quecksilbertheilchen bedeckt. Taucht man aber eine Stange von Zinn, Bley, Silber oder Gold in das Quecksilber, so zeigt sie sich nach dem Herausnehmen über und über mit Quecksilber bedeckt. Taucht man den Finger in das Wasser, so ist er nach dem Herausziehen befeuchtet; wurde aber vor dem Eintauchen Bärlappsaamen auf das Wasser gestreut, so kann man den Finger, ohne naß zu werden, in das Wasser tauchen.

III. Da in diesen Fällen die Theilchen des liquiden Körpers sich entweder von ihren benachbarten trennen um an dem eingetauchten festen Körper anzuhängen, oder nicht, so kann man im Allgemeinen folgende zwey Gesetze aufstellen:

1) Feste Körper werden von den flüssigen, worin sie eingetaucht waren, befeuchtet, wenn die Theilchen der liquiden Stoffe mehr Anzie-

hung gegen den festen Körper, als unter sich selbst haben;

2) Wenn dagegen die Theilchen der liquiden Körper mit größerer Kraft unter sich cohäriren, als die Kraft ist, mit welcher sie gegen den eingetauchten festen Körper gezogen werden, so wird letzterer, nachdem er aus ihnen herausgenommen worden ist, nicht befeuchtet erscheinen.

§. 54.

Zerfließen oder Nichtzerfließen liquider Körper auf festen.

I. Wenn liquide Körper in kleinen Massen auf feste ausgegossen werden, so zerfließen sie entweder auf ihnen, oder sie bilden Tropfen. Wenn man Quecksilber auf eine Platte von Zinn, Bley, Silber oder Gold in kleinen Massen ausgießet, so geschieht jenes; wird aber Quecksilber auf Holz, Glas, Eisen, Papier gegossen, so bildet es kleinere und größere Kügelchen. Die auf Fließpapier gegossenen Wassertröpfchen zerfließen sogleich, ist aber das Papier mit Oel getränkt, so bildet das Wasser kleine Kügelchen darauf, u. s. w.

II. Der Grund dieser Erscheinungen ist wohl darin zu suchen, daß die Theilchen, womit die liquiden Körper unter sich cohäriren, entweder mit einer diese Cohärenz übertreffenden, oder mit einer geringern Kraft von den festen Stoffen angezogen werden. In jenem Falle wird das Gesetz der Tropfenbildung durch Einfluß dieser erhöhten Anziehungs-

kraft von diesen sogleich aufgehoben; in diesem aber besteht es unbeschränkt fort.

III. Die Erfahrung lehrt hierbey, daß es in diesen Fällen nicht auf die Masse der Körper, sondern lediglich auf das gegenseitige Verhältniß ihrer Oberflächen ankomme. Das Wasser z. B., welches auf dem Glase zerfließt, wird Tröpfchen auf ihm bilden, wenn dasselbe mit einem dünnen Ueberzuge von Oel bedeckt ist. Die Adhäsionskraft zeigt sich somit als eine Flächenkraft, d. h. als eine solche, deren Wirkung sich nach der Art der Berührungspuncte der sich berührenden Oberflächen richtet.

Dritte Abtheilung.

Erscheinungen liquider Körper.

§. 55.

Waagrechter Stand liquider Körper.

I. Wenn sich liquide Materien in ruhenden Gefäßen in Ruhe befinden, so lehrt die Erfahrung, daß ihre Oberfläche eine waagrechte Ebene ist. Denn die Richtungen der Schwere fester Körper stehen senkrecht auf diesen Oberflächen.

II. Der Grund dieses waagrechten Standes liquider Körper ist aus ihrer physischen Natur leicht zu erkennen. Sie bestehen nämlich aus sehr vielen, höchst kleinen Theilchen, welche eine große Beweglichkeit unter sich haben und deren jedes, gleich jedem andern, von der Schwerkraft afficirt wird.

Sollte nun auf der Oberfläche solcher Körper sich etwa ein Hügel bilden, so ist nicht einzusehen, warum die hier angehäuften Theilchen, dem Gesetze der Schwere gemäß, nicht herabsinken sollten. Da nämlich jedes Theilchen dieser Materien, gleich jedem

andern, mit gleicher Kraft zu fallen strebt, so müssen alle so tief fallen als es möglich ist, d. h. so lange, bis alle in einer und der nämlichen waagerechten Ebene liegen.

III. Es ist nöthig, um die folgenden Erscheinungen befriedigend erklären zu können, sich diese physische Natur der liquiden Körper recht lebhaft vorzustellen. Denn aus der ungemeinen Kleinheit, aus der sehr großen Beweglichkeit und aus der durchaus gleichen Schwerkraft ihrer Theilchen lassen sich die zum Theil sehr auffallenden Phänomene ableiten, welche weiter unten folgen werden.

§. 56.

Tropfenbildung liquider Körper.

I. Gleichwie die festen Körper dem Gesetze der Cristallisation folgen, so sind die liquiden Stoffe dem Gesetze der Tropfenbildung unterworfen. Wenn man nämlich eine kleine Masse irgend eines liquiden Körpers sich selbst überläßt, so nimmt sie eine Kugelgestalt an, d. h. sie bildet Tropfen. Beyspiele dazu geben die Quecksilberkügelchen, welche auf dem Holze oder auf dem Steine erscheinen, worauf kleine Massen von Quecksilber gegossen werden. Auch Wasser, Wein, Bier u. dgl. bilden Tröpfchen auf Papier, welches in Oel getränkt ist. Von gleicher Gestalt zeigen sich alle liquide Körper, welche in kleinen Massen durch die Luft fallen, z. B. die Regentropfen. Der Thau erscheint auf den Pflanzen in unzähligen Tröpfchen u. s. w.

II. Diese Kugelgestalt ist nicht zufällig, sondern hat ihren Grund in der leichten Beweglichkeit und in der gegenseitigen Anziehung der Theilchen liquider Körper gegen einander. Da nämlich eines dieser Theilchen so beweglich ist, wie das andere, und eines von dem andern gerade so angezogen wird, wie es dieses andere anzieht, so kann hieraus keine andere Form, als die Kugelgestalt entspringen, indem nur in dieser die gegenseitige Anziehung sich vollkommen ausgleichen kann. Daß aber die Theilchen liquider Körper wirkliche Anziehung gegen einander haben, beweiset der Versuch mit zwey Tröpfchen derselben, welche schnell in ein Ganzes zusammenfließen, wenn sie sich gleich nur in einigen Puncten berühren.

§. 57.

Einwürfe dagegen.

I. Wenn man die kleinen Massen, welche das ausgegossene Quecksilber auf dem Holze bildet, genauer betrachtet, so sieht man, daß sie keine vollkommene Kugeln, sondern an der Stelle, mit welcher sie das Holz berühren, etwas abgeplattet sind; so, daß ihr senkrechter Durchmesser kleiner, als ihr waagrechter erscheint. Dieser Einwurf verschwindet, wenn man bedenkt, daß hier eine fremde Kraft störend einwirkt. Es ist die Schwerkraft, welche alle Quecksilber-Theilchen nach senkrechter Linie herabzieht. Sie folgen daher wirklich zum Theil dieser Schwerkraft, woraus eine Beschränkung der voll-

kommenen Kugelform entsteht. Je größer diese Quecksilber=Massen sind, desto mehr weichen sie, wegen des vermehrten Gewichtes ihrer Theile, von der vollkommenen Kugelgestalt ab; so, daß man bey ihrer allmähligen Vergrößerung gar nicht mehr die Gestalt einer Kugel, sondern lediglich eine gewölbte Oberfläche erblickt.

II. Ferner könnte man dagegen einwerfen, daß irgend eine Wassermasse, welche man aus einem Gefäße plötzlich ausgießet, während ihres Falles eine vollkommene Kugelgestalt annehmen müsse. Allein, wenn man bedenkt, daß die Schwerkraft jedes der ausgegossenen Wassertheilchen afficirt und die weit schwächer wirkende gegenseitige Anziehung derselben bedeutend übertrifft, so ist klar, daß sich hier keine Kugel bilden kann. Wenn man sich aber irgend eine, große oder kleine, Wassermasse im freyen Weltraume sich selbst überlassen denkt; so, daß keine Anziehungskraft nach aussen auf die Wassertheilchen einwirkt, so müßte dieses Wasser eine vollkommene Kugel bilden. Da bey weitem der größte Theil unserer Erde mit Wasser umgeben ist, und der Erdkörper eine beynahe vollkommene Kugelgestalt hat, so stimmt diese Form mit dem Gesetze der Tropfenbildung liquider Materien überein. Vielleicht lassen sich aus diesem Gesetze der Natur auch die kugelförmigen Formen der Himmelskörper ableiten; besonders wenn man annimmt, daß ihre Massen ursprünglich in einem liquiden Zustande gewesen sind.

§. 58.

Concave Oberfläche liquider Körper in verschiedenen Gefäßen.

I. Obwohl das allgemeine Gesetz den in irgend einem ruhigen Gefäße enthaltenen ruhenden liquiden Körpern eine vollkommen waagrechte Oberfläche anweiset, so gibt es dennoch kleinere oder größe Ausnahmen von dieser Regel. So bildet z. B. die Oberfläche des Wassers in einem nicht ganz damit angefüllten Glase eine Concavität; auch steht das Quecksilber in einem nicht ganz damit angefüllten zinnenen Becher mit concaver Oberfläche. Auf gleiche Weise zeigen sich Milch, Bier, Wein, Oel, Weingeist u. dgl. in Gefäßen von Glas.

II. Man erkennt sogleich, daß der Grund dieser Erscheinung in der Adhäsion liegt, welche zwischen den Theilchen der liquiden Körper und der Materie der Gefäße, worin sie enthalten sind, Statt findet. Das Wasser, welches in einem etwa halb damit angefüllten Glase enthalten ist, wird sich da, wo es mit dem Glase in Berührung steht, etwas erheben. Da aber die Wassertheilchen einige Cohärenz besitzen, so werden auch die entfernter liegenden Theilchen mit emporgehoben und die gesammte Wassermasse muß sich so hoch erheben, bis das Gewicht des gehobenen Wassers der wirkenden Adhäsion gleich ist. Da dieses Erheben über das Horizontale nicht sehr viel beträgt, so wird es in weiten Gefäßen nicht sehr merkbar. In engern Gefäßen dagegen ist die Concavität sehr bedeutend.

§. 59.

Convexe Oberfläche liquider Körper in festen.

I. Die Erfahrung lehrt ferner, daß viele Flüssigkeiten in Gefäßen, welche zum Theil damit angefüllt sind, eine convexe Oberfläche bilden. Auf diese Weise zeigt sich z. B. das Quecksilber in einem gewöhnlichen Glase. Auch bilden die geschmolzenen Metalle in den irdenen Schmelzgefäßen convexe Oberflächen. Wird die innere Fläche eines Glases mit Oel bestrichen und dasselbe sodann zur Hälfte voll Wasser gefüllt, so bildet auch das Wasser eine erhabene Wölbung.

II. Der Grund dieser Erscheinungen liegt darin, daß diese liquide Körper keine Adhäsion gegen jene feste Materien haben, woraus die Gefäße verfertigt sind; sie folgen daher dem allgemeinen Gesetze der Tropfenbildung und zeigen sich demnach mit convexen Oberflächen.

III. Wollte man dagegen bemerken, daß nun diese Oberfläche als vollkommene Halbkugel erscheinen müßte, so vergißt man, daß die Schwerkraft der einzelnen Theilchen des liquiden Körpers hieran mehr oder weniger hindert. Je enger die Gefäße werden, desto mehr wölbt sich indessen auch die Oberfläche; so, daß z. B. das Quecksilber in der Barometerröhre beynahe halbkugelförmig erscheint.

§. 60.

Liquide Körper in übervollen Gefäßen.

I. Wenn man irgend ein Gefäß mit irgend

einem liquiden Körper anfüllt; so, daß es, wie man sagt, übervoll von ihm wird, so bildet seine Oberfläche immer eine Convexität. So zeigt sich z. B. sowohl Wasser, als Quecksilber in einem übervollen Glase; oder Wasser und Quecksilber in einem übervollen Becher von Zinn.

II. Die Flüssigkeiten folgen hier dem Gesetze der Tropfenbildung, und da sie sich über den Rand der Gefäße erheben, somit ihre Theilchen nicht mehr mit diesen Gefäßen in Berührung sind, so ist es einerley, ob sie mit ihnen adhäriren oder nicht.

III. Der Einwurf: die liquiden Körper müßten in übervollen Gefäßen genaue Halbkugeln bilden, ist schon im Vorhergehenden beantwortet. Man bemerkt aber deutlich, daß die Convexität bey enger werdenden Gefäßen immer bedeutender wird.

§. 61.

Die Adhäsion erscheint als Flächenkraft.

Aus dem Bisherigen folgt, daß die Adhäsion zwischen festen und liquiden Körpern sich nicht nach der Masse, sondern nach der Verschiedenheit der sich gegenseitig berührenden Puncte ihrer Oberflächen richtet; da das Wasser z. B. in einem inwendig mit Oel bestrichenen Glase eine convexe Oberfläche bildet. Nennt man eine Kraft, deren Wirkung lediglich von den Berührungspuncten der Oberflächen abhängt, eine Flächenkraft, so verdient auch die Adhäsion zwischen festen und liquiden Körpern diesen Namen.

§. 62.

Stand liquider Körper um die in sie eingetauchten festen.

I. Wenn man verschiedenartige feste Körper in mancherley liquide Materien so eintaucht, daß sie zum Theil in denselben und zum Theil ausserhalb sich befinden, so lehrt die Erfahrung, daß letztere rings um die erstern entweder eine Erhöhung, oder eine Vertiefung bilden. Wasser, Bier, Wein, Milch, Oel treten ringsum eine in dieselben eingetauchte Glasstange in die Höhe und bilden einen größern oder kleinern Hügel. Eben so zeigt sich das Quecksilber um die in dasselbe eingetauchte Stange von Bley, Zinn, Silber. Wird dagegen die Glasstange in Quecksilber getaucht, so bildet dasselbe rings umher eine Vertiefung; eben so, wie das Wasser, in welches man eine mit Oel bestrichene Glasstange taucht. Dem Quecksilber ähnlich zeigen sich geschmolzene Metalle, in welche man Körper von Glas, oder von erdigen Materien bringt.

II. Daß diese Erscheinungen aus dem Daseyn, oder aus Mangel der Adhäsion zwischen liquiden und festen Körpern erklärt werden, ist nunmehr von selbst einleuchtend. Auch die Vertiefung, welche das Quecksilber um die Glasstange bildet, ist eine Folge vom Gesetze der Tropfenbildung, was sich hier wiederum zu erkennen gibt.

§. 63.

Verschütten oder Nichtverschütten liquider Körper.

I. Wenn man ein Gefäß, welches mit einem

liquiden Körper zum Theil angefüllt ist und eine weite runde Oeffnung hat, so lange allmählig zur Seite neigt, bis die Flüssigkeit über den Rand hervortritt und ihre Unterstützung verliert, so lehrt die Erfahrung, daß ein Theil des flüssigen Körpers entweder längs der äussern Fläche dieses Gefäßes herabfließt, und erst am Boden desselben zu fallen anfängt, oder daß die Theilchen des Fluidums, so wie sie über den Rand getreten sind, sogleich senkrecht herabfallen. Jenes zeigt z. B. das Wasser, dieses das Quecksilber, welches man aus einem gewöhnlichen Trinkglase sanft ausgießen will.

II. Auch diese Erscheinungen folgen sogleich aus dem Daseyn, oder aus dem Mangel der Adhäsion zwischen liquiden und festen Körpern. Das Wasser nämlich, welches über den Rand des geneigten Glases hervortritt, berührt denselben in vielen Puncten. Weil nun die Adhäsion den Berührungspuncten proportional ist, so wird dieses Wasser von der äussern Fläche des Glases gegen dieselbe hin gezogen. Da es aber zugleich ein Streben hat, senkrecht zu fallen, so entsteht aus dieser Zusammenwirkung der Kräfte die Bewegung längs der äussern Fläche des Glases. Ist das Wasser bis zum Boden gelangt, so hört die Adhäsion mit dem Mangel fernerer Berührungspuncte auf, und das Wasser, welches ein Streben hat, sich nach der erhaltenen Richtung fortzubewegen, aber auch zugleich von der Schwere afficirt wird, bewegt sich, diesen beyden Kräften folgend, nach krummer Linie weiter herab.

III. Da aber das Quecksilber, mit dem Glase nicht merkbar adhärirt, so fällt dasselbe, wenn es über den Rand hervortritt in senkrechter Richtung herab. Eben dieses widerfährt auch dem Wasser, wenn man den Rand des Glases zuvor mit Oel bestrichen hat.

§. 64.

Nutzen der Ausgüsse.

I. Um das, oft unangenehme Verschütten der Flüssigkeiten beym Ausgießen zu vermeiden, gibt man den Gefäßen, worin sie enthalten sind, die sogenannten Ausgüsse. Da hierdurch die Zahl der Berührungspuncte zwischen dem liquiden und festen Körper sehr vermindert wird, so wird auch die Adhäsion verringert und mit dieser ihre Wirkung, d. h. das Herabfließen an der äussern Fläche beseitigt.

II. Noch gehört hieher die Ablenkung, welche ein senkrecht aufsteigender feiner Wasserstrahl erleidet, wenn man ihm von aussen eine Glasstange in waagrechter Richtung so behutsam annähert, daß sie denselben nur sanft berühret. Da nämlich bey dieser Berührung die Adhäsion gegen das Glas wirksam wird, so muß der Strahl nach dieser Seite hin geneigt werden. Die genauere Beobachtung lehrt, daß sich ein Theil des Wassers rings um die Glasstange her windet und dann erst nach krummer Linie herabfällt. Wenn ein Wasserstrahl aus einer sehr schief abgeschnittenen Mündung hervorspringt,

so folgt seine Richtung ebenfalls jener Stelle, welche ihm eine größere Adhäsion darbietet.

§. 65.

Stand liquider Körper zwischen Glasplatten.

I. Wenn man zwey Glasplatten, in paralleler Richtung, lothrecht und in einem Abstande von etwa drey Zollen in das Wasser taucht, so wird sich dasselbe an ihnen etwas erheben und eine concave Oberfläche bilden. Nähert man die Glasplatten einander noch mehr, so steigt das Wasser zwischen ihnen etwas empor, bildet eine concavere Oberfläche und erhebt sich über das äussere Wasser im Gefäße. Rücken die Glasplatten immer näher zusammen, so steigt auch das Wasser zwischen ihnen immer höher empor.

II. Offenbar wirkt auch hier die Adhäsion zwischen Wasser und Glas, und das gehobene Wasser muß bey den sich annähernden Glasplatten immer höher steigen, weil sein Gewicht immer vermindert wird, die Cohärenz der Wassertheile unter sich aber immer die nämliche bleibt.

III. Taucht man diese Glasplatten in Quecksilber, so bildet dieses zwischen denselben eine convexe Oberfläche, welche immer convexer und mehr unter die Oberfläche des äussern Quecksilbers vertieft wird, je mehr die Glasplatten zusammenrücken. Daß der Mangel der Adhäsion und das Streben zur Tropfenbildung davon die Ursache ist, kann nicht geläugnet werden.

§. 66.

Verhalten der Flüssigkeiten gegen immer enger werdende Röhren.

I. Wenn man eine Glasröhre, welche oben und unten offen und ungefähr einen Zoll weit ist, in senkrechter Richtung, etwa zur Hälfte in das Wasser taucht, so steigt dasselbe nicht blos so hoch, als es aussen steht, in der Röhre auf, sondern es erhebt sich noch etwas höher. Wird diese Röhre enger, so sieht man das Wasser noch etwas höher in sie emportreten und bey immer zunehmender Verengung wird auch das Aufsteigen des Wassers zunehmen. Die nämliche Erscheinung zeigen alle liquide Körper, welche auf dem Glase zerfließen.

II. Diese Phänomene lassen sich leicht aus den bisherigen Wirkungen der Adhäsion herleiten; in Verbindung mit der Anziehung der Wassertheilchen unter sich selbst. Auch kann das Verhältniß der Höhen, zu welchen das Wasser emporsteigt, nach der Weite der Röhren bestimmt werden. Es sey z. B. die eine Röhre halb so weit, als die andere, so bietet sie dem Wasser nur halb so viel Berührungspuncte dar, als die weitere; allein wenn sich das Wasser in ihr so hoch, als in jener erhebt, so beträgt das Gewicht dieses emporgestiegenen Wassers nur den vierten Theil vom Gewichte des andern. Nun hat die doppelt so weite Röhre noch einmal so viele Berührungspuncte, folglich auch eine noch einmal so große Adhäsionskraft, und das Wasser sollte

in dieser Rücksicht in ihr noch einmal so hoch emporsteigen. Vergleicht man hier Kraft und Gegenkraft mit einander, so ist das Resultat von beyden, daß das Wasser in der halb so engen Röhre sich noch einmal so hoch erhebt, als in der noch einmal so weiten.

III. Was hier vom Wasser und von gläsernen Röhren bemerkt wurde, das gilt auch von andern liquiden Körpern, in welche man Röhren von solchen Stoffen taucht, auf welchen sie zerfließen.

§. 67.

Erklärung und allgemeine Wirkung der Haarröhrchen.

I. Röhrchen, welche oben und unten offen sind und im Durchmesser etwa die Dicke eines Pferdehaars haben, nennt man Haarröhrchen. Sie können an sich von vielerley Materien seyn, doch sind die gläsernen Haarröhrchen die gewöhnlichsten zum Anstellen der Versuche, weil man bequem in sie hinein sehen kann.

II. Wenn man ein gläsernes Haarröhrchen in das Wasser taucht, so steigt dasselbe über die äussere Wasserfläche in dem Röhrchen empor; anfangs schnell, dann allmählig langsamer, bis es auf einer bestimmten Höhe zur Ruhe kömmt. Dieses Aufsteigen erklärt man sehr genügend daraus, daß das Wasser im Haarröhrchen an dessen innerer Fläche höher steht, als in der Mitte. Allein die Wassertheilchen ziehen sich an und die gebildete Concavität gleicht sich hierdurch wieder aus; die fortwirkende Adhäsion

erzeugt eine neue Concavität; die Anziehung der Wassertheilchen gleicht sie abermal aus u. s. w. bis das Gewicht des aufgestiegenen Wassers der Adhäsionskraft das Gleichgewicht hält.

III. Hieraus erklärt sich auch das anfänglich geschwindere und allmählig langsamere Aufsteigen des Wassers in diesen Röhrchen. Da dieses Aufsteigen sowohl durch die Größe der Adhäsion, als durch das specifische Gewicht bedingt ist, so werden verschiedene Flüssigkeiten, sowohl in Haarröhrchen von demselbigen Glase, als auch von verschiedenem Glase sich auf ungleiche Höhen erheben. Um diese Höhen zu finden, müssen genaue Versuche angestellt werden.

§. 68.

Mouschenbröcks Versuche.

I. Mouschenbröck ließ Haarröhrchen von holländischem Flaschenglase verfertigen, welche gleiche Durchmesser hatten. Sie gaben folgende Resultate:

Destilirtes Wasser	erhob sich		3,40	rhn. Zoll.
Reiner Weingeist	—	—	1,80	—
Aetzender Salmiakgeist	—	—	3,60	—
Salpetergeist	—	—	2,07	—
Salzgeist	—	—	2,07	—
Vitriolgeist	—	—	3,25	—
Vitriolöl	—	—	1,30	—
Terpentinöl	—	—	2,58	—

II. Es versteht sich übrigens von selbst, daß diese Haarröhrchen oben offen, auch die Flüssigkeiten

nicht klebrig seyn müssen, weil beydes ihrem Aufsteigen hinderlich ist. Auch ist klar, daß z. B. das destilirte Wasser nicht aus der obern Oeffnung eines Haarröhrchens ausfliesen werde, welches man so tief in dasselbe eintaucht, daß etwa nur ein Zoll darüber hervorragt. Es wird sich hier durchaus mit diesem Wasser anfüllen, aber nicht ausfliesen, noch weniger hervorspringen, weil bey mangelndem Glase auch die Adhäsionskraft hinwegfällt.

III. Wenn die gläsernen Haarröhrchen äusserst enge Oeffnungen erhalten, so steigt das Wasser oder ein anderer liquider Körper, welcher bedeutende Adhäsion gegen das Glas hat, auf mehrere Fuße in die Höhe. Ein Glasröhrchen, dessen innere Oeffnung eine halbe Linie betrug, wurde bis zum Weichwerden erwärmt, und hieraus ein Glasfaden von ungefähr acht Schuh Länge gezogen, dessen Dicke etwa einem starken Menschenhaare gleich kam. Man tauchte dessen unteres Ende in Wasser und fand, daß dieses Wasser bis zum obern Ende des Glasfadens emporstieg. Da bey einer so äusserst feinen Oeffnung das Gewicht des aufsteigenden Wassers gegen die Adhäsionskraft als nichts zu betrachten ist, so scheint es, daß sich das Wasser in so äusserst engen Haarröhrchen bis zu jeder Höhe erheben werde.

§. 69.

Einige Anwendungen der Lehre von den Haarröhrchen.

1. Die Lehre von den Haarröhrchen findet mannigfaltige Anwendungen, sowohl auf Erscheinungen

der unorganischen, als der organischen Natur. Durch diese Haarröhrchenkraft steigt z. B. das geschmolzene Unschlitt oder Wachs durch den Docht in die Höhe und gibt der Flamme des Kerzenlichts immerfort neue Nahrung. Auf gleiche Weise erhebt sich das Oel in dem Dochte der Oellampen. Die bekannte Wirkung des Filtrirens vermittelst Fließpapiers; das Aufsteigen des Wassers in dem feinen Zellgewebe eines feuchten Schwammes, das Heben großer Laste durch angespannte trockene Stricke, welche man naß macht, das Zersprengen der Steine, in welche eine Rinne gehauen wird, die man mit sehr trockenem Holze ausfüllt und mit Wasser begieset u. dgl. mehr, beruht auf der Wirkung der Haarröhrchen-Kraft.

II. Auch bey organischen Körpern nimmt man diese Haarröhrchenkraft wahr. Die Bewegung der Säfte in Pflanzen und Thierkörpern beruht, zum Theil wenigstens, auf der Wirkung der Haarröhrchen. Auch die sogenannten Sauggefäße, wodurch diese Körper von aussen mancherley Stoffe in sich aufnehmen, gründen sich darauf.

§. 70.

Quecksilber in gläsernen Haarröhrchen.

I. Da Quecksilber keine bedeutende Adhäsion gegen das Glas hat, so wird diese Flüssigkeit schon in weitern Glasröhrchen, welche man in dieselbe taucht, nicht so hoch stehen, als ausserhalb im Gefäße. Je enger nun diese Glasröhren werden, desto

mehr erniedrigt sich der Stand des Quecksilbers in ihnen; so, daß derselbe bey gläsernen Haarröhrchen bedeutend unter dem äussern Niveau erscheint. Diese Erscheinungen lassen sich leicht aus dem Vorhergehenden erklären.

II. Ein gleiches Verhalten haben die geschmolzenen Metalle gegen gläserne Haarröhrchen. Auch erklärt man sich hieraus, warum z. B. ein Quecksilbertropfen in einem Sacke von Flor getragen werden kann, da doch ein Wassertropfen von weit geringerm Gewichte sogleich hindurchfließt.

§. 71.

Anziehen leichter Körper, welche auf Flüssigkeiten schwimmen.

I. Wenn leichte Körper auf Flüssigkeiten schwimmen, welche gegen sie adhäriren, so werden sie sich allmählig gegen einander bewegen. Diese Geschwindigkeit der gegenseitigen Annäherung nimmt stufenmäßig zu, bis sie zusammen in Berührung kommen. Zwey hohle Glaskügelchen, welche man in der Entfernung von etwa drey bis vier Zollen auf die ruhige Wasserfläche setzt, zeigen dieses Phänomen sehr deutlich. Sind diese Kügelchen ungleich an Masse, so bewegt sich das gewichtigere langsamer, das minder gewichtige schneller.

II. Vormals leitete man diese Erscheinung aus der Wirkung einer anziehenden Kraft ab, welche zwischen diesen Kugeln thätig sey. Allein, wenn man sie an feinen Fäden in einen beynahe luftleeren

Raum sehr nahe zusammenhängt, so bewegen sie sich nicht gegen einander. Folglich wirkt keine Anziehungskraft zu ihrer Bewegung auf dem Wasser. Der Grund ist vielmehr dieser. Zwischen den beyden Kugeln erhebt sich das Wasser, wegen der Adhäsionskraft, etwas in die Höhe. Indem dieses geschieht, erhalten sie beyde von der in dem Wasser bewirkten Strömung einen Stoß gegen einander. So wie sie sich nähern, steigt das Wasser zwischen ihnen immer höher empor; das Zuströmen des Wassers bewirkt einen neuen Stoß, der sich mit dem vorigen vereinigt und die Geschwindigkeit der Bewegung vermehrt. Daher nimmt diese Geschwindigkeit zu, bis die Kugeln zur Berührung kommen.

III. Aber auch wenn die auf der Flüssigkeit schwimmenden leichten Körper keine Adhäsion gegen sie haben, z. B. wenn man die beyden Glaskügelchen mit Oel überzieht, so nähern sie sich einander an bis zur Berührung. Hier wird nämlich die Wasserfläche zwischen ihnen etwas vertieft, und das auf entgegenstehenden Seiten der Kugeln höher stehende Wasser ertheilt beyden einen Druck gegen einander. Indem sie sich näher rücken, wird das Wasser zwischen ihnen noch mehr vertieft und der Druck von aussen dadurch noch mehr erhöht, wodurch ein immer schnelleres Entgegenschwimmen bewirkt wird.

§. 72.

Zurückstossen leichter auf Flussigkeiten schwimmender Körper.

Wenn zwey leichte Körperchen auf einem liquiden

schwimmen, wovon der eine von ihm befeuchtet wird und der andere nicht, so werden sie sich, wenn man sie einander sehr angenähert hat, allmählig von einander entfernen. Dies erläutern zwey Glaskügelchen, wovon das eine rein, das andere mit Oel bedeckt ist. Da sich nämlich das Wasser an dem reinen Glaskügelchen erhebt und an dem mit Oel bestrichenen vertieft, so liegt letzteres gleichsam auf einer schiefen Ebene, von welcher es herabgleitet. Indem dieses geschieht, erhebt sich das Wasser zwischen beyden Kugeln und ertheilt somit auch der andern eine Bewegung nach entgegengesetzter Richtung.

§. 73.

Uebergang zur sogenannten Hydrostatik.

I. Die liquiden Körper bieten in Hinsicht ihres Druckes mancherley interessante Erscheinungen dar. Dieser Druck äussert sich entweder nach senkrechter Richtung auf die Grundflächen, oder nach schiefer Richtung auf die Seitenflächen der Gefäße, worin sie enthalten sind.

II. Da das Wasser als der allgemeine Stellvertreter der liquiden Materien zu betrachten ist, so hat man der Lehre von den Erscheinungen der Druckkraft tropfbarer Flüssigkeiten den Namen Hydrostatik (Gleichgewichtslehre des Wassers) ertheilt. Sind diese Phänomene von dem Wasser genügend entwickelt, so ist es leicht, sie auf jede andere liquide Materie gehörig anzuwenden.

§. 74.

Waagrechter Stand liquider Körper in communicirenden Röhren.

I. Unter communicirenden Röhren versteht man Röhren, welche dergestalt mit einander verbunden sind, daß das Wasser ungehindert aus einem Schenkel in den andern übertreten kann. Die Zeichnungen A B C (Fig. 1.) erläutern dieses. Die Schenkel dieser Röhren können gleichförmig oder ungleichförmig, gleichweit oder ungleichweit, becherförmig oder kegelförmig, parallel oder schief seyn. Auch könnten sie mehr als zwey Schenkel haben z. B. drey oder vier.

II. Von diesen communicirenden Röhren gilt der allgemeine Satz, daß das Wasser (oder jeder andere liquide Stoff) nur dann in ihnen in Ruhe ist, wenn dasselbe in beyden Schenkeln mit seinen Oberflächen in waagrechter Ebene liegt. Diese gemeinsame Horizontal-Ebene wird durch die Linie M N vorgestellt. Der Grund dieses gleich hohen Standes der Flüssigkeiten ist einleuchtend, wenn man bedenkt, daß dieselben in jedem Gefäße, worin sie ruhen, mit waagrechter Oberfläche erscheinen, und die Flüssigkeiten in den communicirenden Röhren gleichsam nur Theile jener größern Massen sind.

§. 75.

Einige Anwendungen davon.

I. Eine nützliche Anwendung von diesem waag-

rechten Stande des Wassers in vereinigten Röhren hat man auf die Wasserwaage gemacht. Sie besteht aus einer communicirenden Röhre ABCD (Fig. 2.), welche bey AM und DN einen gläsernen Cylinder trägt. Wenn nun das Wasser bey M und N in Ruhe steht, so ist die Linie MN eine Horizontallinie. Das Instrument kann vermittelst einer Stütze E auf ein dreyfüßiges Tischchen gesetzt werden. Wird nun von der Wasserfläche M über jene in N visirt, so kann man in der Entfernung einen Punct bestimmen, welcher sich mit MN in einerley Horizontal-Fläche befindet. Daher dient die Wasser-Waage zur Bestimmung von Horizontal-Linien.

II. Auch hat diese Eigenschaft communicirender Röhren eine bequemere Einrichtung der Wasserleitungen herbeygeführt. Man erstaunt noch heut zu Tage mit Recht über die colosalen Reste römischer Wasserleitungen, welche das Wasser mit ungeheurem Aufwande von Kraft und Zeit oberhalb der Erde fortführten. Dies geschieht heut zu Tage weit einfacher unter der Erdoberfläche. Es sey nämlich (Fig. 3.) A ein Wasserbehälter auf einem Hügel, und man wollte das Wasser nach dem tiefern Puncte B in einen Behälter leiten, so bringt man eine Verbindung von Rohrstücken unterhalb des Bodens an, welche durch ACDEFGHIB vorgestellt wird. Diese bilden eine große communicirende Röhre und das Wasser muß sich bey I in den Behälter B von selbst ergießen. Diese Vorrichtung ist weit weniger kost-

spielig und gewährt den Vortheil, daß das Wasser auch im kalten Winter nicht gefrieren kann.

III. Ferner beruht die Anlage der Springbrunnen oder der Wasserkünste hierauf. Wenn das Trichtergefäß ABDC (Fig. 4.) bis AB voll Wasser ist, so sollte dasselbe aus dem niedrigen Schenkel bey C auf gleiche Höhe emporspringen. Denn wenn man den Schenkel C bis zu AB verlängerte, so würde das Wasser auf dieser Höhe darin stehen. Indessen kann sich der Wasserstrahl CE nicht bis zu AB erheben, weil die Reibung bey C und der Widerstand der Luft dieses verhindert.

§. 76.

Allseitiger Druck der Theilchen liquider Körper.

Das Gefäß QSR (Fig. 5.) sey bis QR mit Wasser angefüllt, und man habe mehrere Glasröhren AB, CDE, FGH, IKL, MNO, welche man der Reihe nach in dasselbe eintaucht, so wird das Wasser in allen bis zur gemeinsamen Höhe QR aufsteigen. Da nun dieses nicht ohne das Eindringen des Wassers in die untern Mündungen geschehen kann; diese Mündungen aber sich nach verschiedenen Richtungen hin erstrecken, so muß das Wasser bey B einen Druck von unten nach oben, bey E nach ED, bey H nach HG, bey L nach LK und bey O nach ON äussern. Weil man nun ausser diesen Hauptrichtungen alle mögliche andere anbringen könnte, so beweisen diese Versuche das Daseyn eines allseitigen Druckes in den Theilchen liquider Körper. Das

Daseyn dieser Druckkraft geht auch aus der sehr leichten Beweglichkeit und aus der gleichmäßigen Schwere aller Theilchen hervor. In festen Körpern sind die Theile durch die bedeutende Cohärenz in ein Ganzes verbunden und üben hierdurch nur einen Druck nach unten aus. Die ungemeine Beweglichkeit liquider Stoffe ertheilt dagegen diesen eine allseitige Druckkraft.

§. 77.

Druck liquider Körper auf die Grundfläche.

I. Das Gefäß ACDB (Fig. 6.) sey bis AB mit Wasser gefüllt und habe eine senkrecht prismatische Gestalt. Wie groß wird der Druck seyn, welchen ein sehr kleines Theilchen n auf der Grundfläche CD erleidet? Da man sich oberhalb n eine senkrechte Wassersäule, aus sehr vielen über einander liegenden Wassertheilchen bestehend, denken kann, so muß der Punkt n das Gewicht aller dieser Theilchen, somit das Gewicht der ganzen Säule nm tragen. Daher ist der Druck des Wassers auf dem Punct n dem Gewichte der Wassersäule mn gleich.

II. Wäre das Gefäß ACDB (Fig. 7.) bis AB mit Wasser gefüllt, auch senkrecht prismatisch gestaltet, so könnte man den Druck des Wassers auf die ganze Grundfläche CD leicht finden. Denn da diese Fläche aus der Summe unzählig vieler Puncte besteht, über deren jedem sich eine senkrechte Wassersäule befindet, welche ihn mit ihrem ganzen Gewichte drückt, so ist die Summe aller dieser Druck-

kräfte dem Gesammtdrucke auf die Grundfläche CD gleich. Aber die Summe aller Wassersäulen bildet die im Raume ACDB enthaltene Wassermasse. Daher wird CD mit dem Gewichte der Wassermasse ACDB gedrückt.

III. Hieraus folgt die allgemeine Regel: wenn ein liquider Körper in einem senkrecht-prismatischen Gefäße enthalten ist, so wird dessen Druck auf die Grundfläche gefunden, wenn man diese Grundfläche mit der senkrechten Wasserhöhe, und dieses Product ferner noch mit dem specifischen Gewichte des Wassers multiplicirt. Wäre z. B. diese Grundfläche gerade ein Quadratschuh, die Wasserhöhe aber zehn Fuße, so würde jene mit dem Gewichte von zehn Cubicfuß Wasser gedrückt werden. Da nun ein rheinländ. Cubicfuß Wasser ungefähr 65 1/2 Pfunde wiegt, so wäre dieser Druck ungefähr 655 Pfunde. Dächte man sich dieses Gefäß auf gleiche Höhe mit Quecksilber angefüllt, so wäre der Druck 14mal größer, da Quecksilber ungefähr vierzehnmal specifisch schwerer, als Wasser ist.

§. 78.

Den Druck liquider Körper bestimmt die Grundfläche und senkrechte Höhe.

I. Es sey ACDB (Fig. 8.) eine communicirende Röhre, worin das Wasser auf der Höhe AB sich befindet. Denkt man sich nun in dem weitern Schenkel über dem in Gedanken gemachten Durchschnitte mn das Cylinderstück, so ist klar, daß,

wenn man sich unter mn eine im Innern befindliche, sehr leicht bewegliche Scheibe vorstellt, der Druck auf diese Scheibe dem Producte aus ihrer Fläche mn in die senkrechte Wasserhöhe mo gleich wäre. Das Wasser in AC bewirkt auf die Scheibe mn einen Gegendruck von unten nach oben, welcher dem Drucke, den sie von oben nach unten erleidet, vollkommen gleich ist.

II. Denkt man sich oberhalb der Fläche mn das kegelförmige Gefäß, so ist das Wasser in der ganzen communicirenden Röhre im Gleichgewichte, wenn es sich in beyden Schenkeln wieder auf der Höhe AB befindet. Da nun der Druck, welchen die Scheibe mn durch das Wasser AC von unten nach oben erleidet, jetzt so groß ist, wie vorhin, in I; so muß auch der Gegendruck, welcher auf diese Scheibe mn von oben nach unten wirkt, bey dem kegelförmigen Gefäße eben so groß seyn. Allein der Druck auf die Scheibe mn von unten nach oben, war vorhin mit dem Drucke der cylindrischen Wassermasse von oben nach unten im Gleichgewichte; folglich wird die Scheibe mn den nämlichen Druck erleiden, es mag sich über ihr eine senkrecht-cylindrische oder eine kegelförmige Wassermasse befinden, wenn beyde nur einerley senkrechte Höhe no haben.

III. Auf gleiche Weise findet man, daß der Druck des in dem becherförmigen Gefäße enthaltenen Wassers auf die Grundfläche mn wiederum der nämliche sey, welcher vorhin, bey dem cy-

lindrischen, oder bey dem kegelförmigen Gefäße Statt fand.

IV. Da man eben dieses von jeder anders gestalteten Wassermasse, welche sich über mn befindet, darthun kann, wenn nur die Fläche mn und die senkrechte Höhe no die nämliche bleibt, so ist hierdurch folgender, für die Hydrostatik äusserst wichtiger Satz durch Versuche erwiesen: Wenn ein liquider Körper in einem Gefäße von irgend einer unregelmäßigen Gestalt, dessen Grundfläche aber mit dem Niveau parallel läuft, enthalten ist, so findet man den Druck auf die Grundfläche, wenn man ihr Maas mit dem Maase der senkrechten Höhe, und dieses Product nochmals mit dem specifischen Gewicht des liquiden Körpers multiplicirt. Grundfläche und senkrechte Höhe sind also die bestimmenden Elemente dieses Druckes, wobey es somit nicht auf die absolute Masse der liquiden Stoffe ankömmt.

§. 79.

Grund dieses merkwürdigen Phänomens.

I. Der Grund dieses merkwürdigen Phänomens liegt in der großen Beweglichkeit der Theilchen des Wassers und in ihrer unabhängigen Druckkraft von einander. Es sey (Fig. 9.) MNSR ein durchaus mit Wasser angefülltes Gefäß, so wird das Wassertheilchen d mit dem Gewichte der Säule cd von oben nach unten gedrückt. Da nun das Theilchen d mit gleicher Stärke nach der Richtung dh gedrückt

wird, so erleidet das Wassertheilchen h die nämliche Druckkraft nach der Richtung dh und wird folglich mit gleicher Stärke von h nach v gedrückt. Der Punct v erleidet daher einen doppelten Druck; jenen von der Wassersäule hv und jenen von der Wassersäule cd. Somit vereinigt sich in v die Druckkraft von cd und von hv, oder der Punct v erleidet einen Druck, als wenn sich über ihm eine Wassersäule von der Höhe cr befände. Da nun dasselbige von jedem andern Puncte der Grundfläche gilt, so erleidet die ganze Grundfläche einen Druck, als wenn sich über ihr eine Wassermasse von der senkrechten Höhe rc befände.

II. Hat das Gefäß eine becherförmige Gestalt wie ABDO (Fig. 9.) so wird die Grundfläche BD einen Druck erleiden, welcher der Wassermasse eines Cylinders von der Grundfläche BD und von der senkrechten Höhe rc gleich ist. Das übrige Wasser, welches sich noch in diesem becherförmigen Gefäße befindet, wird seinen Druck auf die Seitenwände AB und OD äussern.

§. 80.

Beseitigung eines Einwurfs.

I. Man könnte hier folgenden Einwurf machen: Wenn das Gefäß MNSR (Fig. 9.) mit der Grundfläche RS auf die Waagschale gestellt würde, so müßte diese mit jener Kraft gedrückt werden, womit das in dem Gefäße enthaltene Wasser die Grundfläche RS selbst drückt. Bringt man nun dieses

Gefäß durch ein Gegengewicht ins Gleichgewicht und setzt es mit der kleinern Grundfläche MN auf die Waagschale, so wird der Druck auf MN nunmehr weit kleiner seyn als vorhin. Folglich ist nun auch der Druck auf die Waagschale geringer und diese muß emporsteigen; was aber der Erfahrung zufolge nicht geschieht.

II. Dieser Einwurf verschwindet, wenn man bedenkt, daß das in dem Gefäße MNSR enthaltene Wasser, weil es durchaus in feste Grenzen eingeschlossen ist, im Ganzen wie ein fester Körper, folglich nach der Größe seiner Masse, wirken muß. Es ist also in dieser Hinsicht ganz einerley, ob das in dem Gefäße enthaltene Wasser ein liquider, oder ein fester Körper wäre.

§. 81.

Wolf's anatomischer Heber.

1. Man denke sich eine communicirende Röhre, deren einer Schenkel AM (Fig. 10.) eng und hoch, der andere BN aber niedrig und weit ist, und fülle den letztern voll Wasser, so wird dasselbe in dem engern Schenkel bis M aufsteigen. Befestigt man nun über der Oeffnung BN eine Blase und füllt den engen Schenkel von M bis A mit Wasser an, so wird die über BN gespannte Blase mit großer Kraft nach oben ausgedehnt, welches man dadurch anschaulich machen kann, daß auf die Blase ein rundes Brett und auf dieses Brett mehrere Gewichte gelegt werden, welche ebenfalls emporsteigen.

II. Diese Vorrichtung ist eine Erfindung von Wolf, welcher sie deshalb anatomischen Heber nannte, weil man verschiedene Membranen über den weitern Schenkel spannen und bey ihrer gewaltsamen Ausdehnung sowohl die Textur der Fibern, als auch den Lauf der Blutgefäße anschaulicher erkennen kann.

III. Dächte man sich den Schenkel BN bis CD verlängert, und die communicirende Röhre bis ACD mit Wasser angefüllt, so würde die Durchschnittsfläche BN einen Druck von oben nach unten erleiden, welcher dem Gewichte der in CBND enthaltenen Wassermasse gleich wäre. Wird also der weite Schenkel bey BN geschlossen, so fällt der Druck der Wassermasse CBND hinweg, und das wenige Wasser AM muß nunmehr die Fläche BN von unten nach oben mit gleicher Kraft drücken.

IV. Wäre z. B. die Fläche BN ein Quadratschuh, die Höhe BC aber zehn Fuße, so befänden sich im Raume CBND zehn Cubikschuh Wasser, deren Gewicht etwa 655 Pfunde betrüge. Diesen ungeheuern Druck könnten einige Pfunde Wasser in der Röhre AM bewirken. Machte man diesen Schenkel MA zwanzig Fuß hoch und füllte ihn mit Wasser, so betrüge der hierdurch bewirkte Druck ungefähr 1310 Pfunde.

V. Wenn man mit einem engen langen Schenkel ab (Fig. 11.) mehrere kürzere und weitere Schenkel cd, df und fg verbindet und dieselben z. B. mit Blasen überzieht, nachdem sie voll Wasser

gefüllt waren, so wird das Wasser in ab auf jede dieser Blasen einen Druck äussern, welcher dem Producte aus den Oberflächen cd df und fg in die Höhe ab und in das specifische Gewicht des Wassers gleich ist. Auch ist klar, daß man auf den andern Seiten von ab solche kürzere Schenkel anbringen könnte.

§. 82.

s'Gravesand's hydrostatischer Blasebalg.

I. Wenn man zwey Kreisscheiben von Holz AB, CD (Fig. 12.) mit Leder, welches vollkommen dicht an sie anschließt und gehörig in Falten gelegt ist, verbindet, in der Mitte der obern Scheibe eine enge hohe Blechröhre anbringt, auf die Scheibe AB einige Gewichte setzt und nun durch die Oeffnung E Wasser eingieset, so werden diese Gewichte allmählig emporsteigen, wenn sie nicht zu unverhältnißmäßig groß sind.

II. Man sieht leicht, daß die Druckkraft des Wassers, womit die Scheibe AB gehoben wird, dem Gewichte einer Wassermasse gleich ist, welche die Fläche AB zur Grundfläche und FE zur Höhe hat. Nach dem specifischen Gewichte des Wassers kann dieser Druck leicht berechnet werden.

§. 83.

Real's hydrostatische Druckpresse.

I. Auf diesen Grundsätzen von der Druckkraft liquider Körper beruht auch Real's hydrosta-

tische Druckpresse. Man denke sich z. B. einen blechenen Cylinder von drey bis vier Zoll in der Weite und etwa sechs bis acht Zoll in der Höhe, dessen unterer Boden mit sehr vielen höchst feinen Oeffnungen durchbohrt ist. Bringt man nun durch die obere Oeffnung desselben irgend einen, auszugsartige Bestandtheile enthaltenden, sehr verkleinerten Körper, z. B. gemahlenen gebrannten Kaffee, drückt diese Masse etwas fest zusammen, bedeckt sie oben mit einer ebenfalls vielfach durchbohrten Blechscheibe, welche in das Innere genau einpaßt, verschließt nun den Cylinder mit einem ganz genau wasserdichten Blechdeckel, aus dessen Mitte sich eine enge Röhre von ungefähr 12 Fuß erhebt, und gießt dieselbe voll Wasser, so wird dasselbe zuerst den oberen etwa noch leeren Theil des Cylinders ausfüllen, und, wenn man fortfährt die Röhre voll zu erhalten, mit solcher Kraft durch den zusammengepreßten gemahlenen Kaffee gedrückt werden, daß die aus dem untern Boden ausfliesenden Tröpfchen einen reinen, kräftigen, vollkommen guten Kaffee darstellen.

II. Diese Erfindung ist für vielfache practische Anwendungen sehr interessant. Flüchtige Bestandtheile der Körper, welche bey der gewöhnlichen Verfertigung der Extracte durch die Wärme entweichen, werden durch diese kalte Extraction zurückgehalten, wodurch kräftigere Producte gewonnen werden. Daher hat man auch diesem Instrumente mannigfaltige bequeme Einrichtungen gegeben, um es

den verschiedenen Arten technischer Operationen zu gebrauchen.

§. 84.

Seitendruck liquider Körper.

I. Die liquiden Stoffe üben, zufolge der großen Beweglichkeit ihrer Theilchen, auch einen Seitendruck aus, dessen Daseyn sich leicht durch Versuche erweisen läßt. Es sey MNC (Fig. 13.) eine hohe, nicht allzu weite Blechröhre, welche in verschiedenen Höhen bey d, c, b und a mit gleich großen; aber sehr engen Oeffnungen versehen ist. Wird dieselbe nunmehr ganz mit Wasser angefüllt, so springt dasselbe aus jeder dieser Oeffnungen hervor, wodurch das Daseyn eines Seitendrucks des Wassers erwiesen ist. Aber die hervortretenden Wasserstrahlen bilden verschiedene Bogen, nämlich de, cf, bg und ah, woraus deutlich erhellt, daß das Wasser bey d mit der größten und bey a mit der kleinsten Kraft hervorspringe. Daher nimmt der Seitendruck des Wassers von oben nach unten allmählig zu.

II. Wenn das Gefäß MRN (Fig. 14.) bis MN mit Wasser angefüllt ist, und man denkt sich einen Punct O in dessen Seitenfläche, so ist klar, daß dieser Punct einen Seitendruck erleidet, welcher dem Gewichte der Wassersäule MO gleich ist. Der Seitendruck auf den Punct V ist dem Gewichte der Wassersäule MV gleich, u. s. w.

III. Wird nunmehr gefragt, wie groß der Seitendruck auf die Fläche AB sey, so ist klar,

daß der Punct A nach der Höhe NA, der Punct B aber nach der Höhe NB gedrückt wird. Jener Druck ist hier der kleinste, dieser der größte. Es gibt daher einen mittleren Druck nach der Höhe NC und die gesammte Druckkraft auf die Seitenfläche AB ist gleich dem Gewichte einer Wassermasse, von der Fläche AB, als Grundfläche, und von der senkrechten Höhe NC.

IV. Man sieht leicht, daß dieser Druck hier nur als ein mittlerer Druck angesehen werden kann. Da die tiefern Puncte der Seitenfläche mehr, die höher liegenden aber weniger seitwärts gedrückt werden.

V. Ein ähnlicher mittlerer Druck findet auch bey schiefen Grundflächen solcher Gefäße Statt, worin sich liquide Körper befinden. Es sey z. B. MBCN (Fig. 15.) ein solches Gefäß, BC dessen schiefe Grundfläche und MN die Wasserhöhe. Der Punct B wird hier nach der Höhe MB, der Punct C nach der Höhe NC, und der zwischen beyden in der Mitte liegende Punct E nach der Höhe DE gedrückt werden. Diese Höhe DE ist aber das arithmetische Mittel zwischen MB und NC. Man findet daher den mittlern Druck auf die schiefe Fläche BC, wenn man diese Fläche mit dem Maase von DE und mit dem specifischen Gewichte des Wassers multiplicirt.

§. 85.

Gesammter Seitendruck des Wassers in prismatischen Gefäßen.

I. Wenn ein hohler Würfel durchaus mit Was-

ser angefüllt ist, so findet man den mittlern Seitendruck auf eine Seitenfläche, wenn man das Gewicht des Wassers berechnet, welches diese Seitenfläche zur Grundfläche und ihre halbe Höhe zur Höhe hat. Da nun der Würfel vier gleiche Seitenflächen enthält, so ist der Gesammt-Seitendruck auf diese vier Flächen so groß, als das Doppelte des senkrechten Drucks auf die Grundfläche. Wäre z. B. dieser Würfel ein hohler Cubikschuh, so würde seine Grundfläche mit dem Gewichte eines ganzen Cubikfußes Wasser und seine vier Seitenflächen zusammen mit dem Gewichte von zwey Cubikfuß Wasser gedrückt werden. Dächte man sich das Wasser als festen Körper, so würde zwar der nämliche Druck auf die Grundfläche Statt finden; allein der Seitendruck fiele durchaus hinweg. Man erkennt hieraus abermal, daß der Seitendruck eine Folge von der leichten Beweglichkeit der Wassertheilchen ist.

II. Hätte das Gefäß die Gestalt eines senkrechten hohlen Cylinders und wäre mit Wasser gefüllt, so würde die innere Cylinderfläche einen Druck erleiden, welcher dem Producte aus ihr in das Maas der halben Achse proportional wäre, und welchen man leicht berechnen kann.

§. 86.

Einige Anwendungen.

I. Wenn das Wasser schneller anströmt, als es in dem Durchflußkanale eines Dammes abfliesen kann, so steigt es nach und nach an der äussern

Fläche des Dammes empor, und die Erfahrung lehrt, daß feste Dämme hierdurch bisweilen zerstört werden. Um sich diese gewaltsame Wirkung zu erklären, sey AB (Fig. 16.) die äussere Seitenfläche, BC die Dicke des Dammes und R der Durchflußkanal. Wäre nun das Wasser zur Höhe MN angeschwellt, so müßte der Damm nicht blos einen Seitendruck erleiden, welcher dem Producte aus der Fläche NB in die halbe Höhe CMS proportional wäre, sondern der ganze Damm würde auch durch eine Kraft gehoben, welche dem Producte aus der Fläche BC in das Maas von MS entspricht. Wie groß diese vereinigte Kräfte sind, läßt sich leicht in Zahlen berechnen, und das gefundene Resultat wird im Stande seyn, das gewaltsame Zerbrechen solcher Dämme begreiflich zu machen.

II. Auch die Segnerische Wassermaschine ist auf den Seitendruck des Wassers gegründet. Sie besteht aus einem Blech-Cylinder A (Fig. 17.) welcher oben offen und von unten mit einem Blechkegel acb in seinem Innern versehen ist; so, daß derselbe auf eine Spitze gesetzt und auf ihr sich leicht herumdrehen kann. An dem untern Boden dieses Cylinders, der durch B vorgestellt ist, befinden sich vier enge Röhrchen, welche an ihren Enden rechtwinkelig gebogen und mit engen Oeffnungen, nach einerley Richtung hin, versehen sind. Wird nun dieser Cylinder mit Wasser gefüllt, so fließt derselbe bey r, m, n und o heraus und die Maschine dreht sich nach der Richtung op, anfangs

langsamer, dann schneller, und endlich bey herabsinkendem Wasser wieder langsam auf der Spitze umher. Der Grund davon liegt in dem Seitendrucke des Wassers und in dem Gesetze der Gegenwirkung. Wäre nämlich die Oeffnung o geschlossen, so würde das in dem Röhrchen befindliche Wasser, sowohl gegen p, als gegen o, und zwar mit gleicher Kraft gedrückt; Druck und Gegendruck wären gleich, und es könnte keine Bewegung entstehen; wird aber die Mündung o geöffnet, so fällt der Druck des Wassers nach der Richtung po hinweg, weil hier die Materie des festen Körpers fehlt; folglich bleibt der Seitendruck von o nach p allein übrig und gibt der Maschine einen Stoß nach der Richtung op. — Auf eben diesem Gesetze beruht das Zurücklaufen der Kanonen bey dem Abfeuern.

III. Wenn man eine vierkantige Flasche von dünnem Glase wohl verstopft und immer tiefer in das Wasser taucht, so werden ihre Seitenflächen einmal zerschmettert. Dieses ist eine Folge von dem Seitendruck des Wassers, welcher hier mit zunehmender Tiefe ebenfalls zunimmt. Die in dem Glase enthaltene Luft wird seinem Zerbrechen zwar einige Kraft entgegen setzen; sie kann es aber nicht gänzlich verhindern, weil die Luft compressibel ist. Anders wäre es, wenn man das Glas im Innern voll Wasser füllte.

§. 87.

Verschiedenartige liquide Körper in communicirenden Röhren.

I. Wenn man in die communicirende Röhre

(Fig. 18.) eine kleine Portion Quecksilber bringt, welches auf der waagrechten Fläche ab steht, und nun in den Schenkel nb Wasser nachgieset, so wird dasselbe die Horizontal-Fläche des Quecksilbers stören, und die Erfahrung lehrt, daß wenn das Quecksilber von b nach d herabgesunken, von a nach f aber gestiegen ist, die Wasserhöhe etwa von d nach n reiche. Hier ist also eine Wassersäule nd mit einer Quecksilber-Masse facd im Gleichgewichte. Weil nun das Quecksilber unterhalb cd sich selbst im Gleichgewichte hält, so wird die Wassersäule nd der Quecksilber-Säule fc das Gleichgewicht halten. Da dieses Gleichgewicht gleiche Gewichte voraussetzt, so muß die Wassersäule nd so viel an Gewicht betragen, als die Quecksilbersäule fc, d. h. die Wassersäule dn muß so vielmal höher seyn, als die Quecksilber-Säule cf, so vielmal das Wasser specifisch leichter, als das Quecksilber ist.

II. Hierdurch ist folgender allgemeiner Satz erwiesen: Liquide Körper von verschiedenem specifischem Gewichte, welche sich nicht auflösen, stehen in communicirenden Röhren ungleich hoch; so, daß sich ihre Höhen verkehrt wie ihre specifische Gewichte verhalten. Wenn man daher diese Höhen genau mißt, so kann man hieraus das Verhältniß ihrer specifischen Gewichte bestimmen. Die Wassersäule dn wird ungefähr vierzehnmal so hoch, als die Quecksilbersäule cf seyn, woraus man schliesen kann, daß Quecksilber etwa vierzehnmal dichter, als das Wasser ist. Indessen gewährt diese Me-

hode, wegen der unzuverläßigen Bestimmung der Höhen, keine sehr genaue Resultate. Wollte man Körper, welche sich auflösen, z. B. Wasser und Weingeist so behandeln, so könnte man sie etwa durch Quecksilber von einander trennen.

§. 88.

Gewichts-Verlust fester Körper in liquiden.

I. Das Gefäß (Fig. 19.) sey bis QR mit Wasser gefüllt, in welchem ein Cubikzoll Holz abnm durchaus eingetaucht ist. Die obere Fläche dieses Würfels ab wird durch das Gewicht einer Wassermasse in dem Raume cabd von oben nach unten, die untere Fläche mn aber durch das Gewicht einer Wassermasse in dem Raume cmnd von unten nach oben gedrückt. Da diese Druckkräfte entgegengesetzt, aber ungleich sind, so wird die kleinere durch die größere aufgehoben und es bleibt die Differenz nach der Richtung der größern Kraft übrig. Wenn nun die Wassermasse cabd von der andern cmnd weggenommen wird, so bleibt die Wassermasse im Raume amnb übrig und der feste Körper wird mit dem Gewichte dieser Wassermasse von unten nach oben gedrückt. Der Würfel amnb erleidet zwar auch einen Druck auf die vier Seitenflächen; man sieht aber leicht, daß z. B. der Seitendruck auf am den Seitendruck auf bn vollkommen aufhebe, wodurch es eben so viel ist, als wäre dieser Seitendruck gar nicht vorhanden.

II. Daher ist folgender allgemeine Satz bewie-

sen: Jeder feste Körper, welcher in einem liquiden ganz und gar eingetaucht ist, verliert in demselben so viel von seinem Gewichte, als das Gewicht des Flüssigen in dem Raume des festen Körpers beträgt. Wird z. B. ein Cubikzoll Zinn gänzlich in das Wässer getaucht, so verliert er in demselben das Gewicht eines Cubikzolls Wasser.

§. 89.

Bestätigung durch Versuche.

I. Es sey AMB (Fig. 20.) eine Waage. In B hänge ein hohler Cylinder C, an dessen Boden, vermittelst eines Pferdehaares der massive Cylinder D von Messing, welcher ganz genau in den hohlen Cylinder C einpasset, aufgehängt ist. Dieses zusammen ist durch Gewichte, welche in der Waagschale K liegen, ins Gleichgewicht gestellt. Wird nun der Cylinder D in das bis EH mit Wasser gefüllte Gefäß EFH ganz und gar eingetaucht, so wird die Waage bey B emporsteigen. Füllt man nunmehr den hohlen Cylinder C mit Wasser an, so wird das aufgehobene Gleichgewicht wieder hergestellt; zum practischen Beweise, daß der eingetauchte Cylinder D soviel von seinem Gewichte verloren hat, als das Gewicht des Wassers in seinem Raume beträgt.

II. Eben dieses wird durch folgenden Versuch erläutert. An der Waage AMB (Fig. 21.) befinde sich das bis FE mit Wasser gefüllte Gefäß FHE mit Gegengewichten in der Waagschale K im Gleich-

gewichte. Wird nun der an dem Faden C hängende messingene Cubikzoll D so in das Wasser getaucht, daß er nirgends die Wand des Gefäßes berührt, so sinkt die Waage bey B abwärts. Gießt man aber in K einen Cubikzoll Wasser, so stellt sich das Gleichgewicht wiederum her. Hieraus folgt, daß durch das Eintauchen des Würfels D das Nämliche bewirkt wird, als wenn man in das Gefäß FHE einen Cubikzoll Wasser gösse.

§. 90.

Specifisch schwerere feste Körper in liquiden.

I. Aus dem Vorhergehenden folgt nun, daß alle feste Körper, welche man in liquide von geringern specifischen Gewichte eintaucht und sich selbst überläßt, in letztern untersinken müssen. Denn die Kraft, womit sie zu fallen streben, ist ihrem absoluten Gewichte; die Kraft, womit sie vom liquiden Körper in die Höhe gehoben werden, ist dem Gewichte des letztern in ihrem Raume gleich. Da nun letzteres Gewicht weniger, als ersteres beträgt, so muß der feste Körper zu Boden sinken. Die Kraft, womit dieses geschieht, ist der Differenz der specifischen Gewichte gleich. Man nennt diese Kraft das respective Gewicht des festen Körpers, welches somit um so kleiner oder größer ist, je weniger oder je mehr die specifischen Gewichte des festen und liquiden Körpers unterschieden sind.

II. Hieraus folgt, daß der an einem Faden hängende, durchaus ins Wasser getauchte Cubikzoll

Bley nach seinem absoluten Gewichte in zwey Theile getheilt wird; der eine Theil, nämlich das Gewicht des Wassers in seinem Raume, oder das Gewicht eines Cubikzolls Wasser wächst dem Wasser selbst zu; der andere Theil aber ist das respective Gewicht und bestimmt die Kraft, womit der Faden gehalten werden muß, damit er nicht untersinke.

III. Ein je größeres Stück vom festen specifisch schwerern Körper im Wasser eingetaucht ist, desto leichter ist er gegen das Untersinken zu schützen. Einen Menschen z. B., welcher sich bis an den Kopf im Wasser befindet, kann man mit geringer Kraft vor dem Untersinken bewahren; je weiter derselbe aus dem Wasser gezogen wird, desto größer muß diese Kraft seyn. Befindet er sich ganz ausserhalb des Wassers, so wird kein Theil seines Gewichtes von dem Wasser mehr getragen.

§. 91.

Mancherley Anwendungen hievon.

I. An einer Waage sey ein mit Wasser gefülltes Gefäß mit einem Gegengewichte im Gleichgewichte. Taucht man nun eine an einem Faden hängende Bleykugel frey schwebend in das Wasser, so entsteht hier ein Uebergewicht, mit dem Gewichte des Wassers im Raume der Kugel. Tauchte man eine größere Bleykugel ein, so würde die Waage mit größerer Kraft herabsinken.

II. An einer Waage halten sich zwey mit Wasser gefüllte Gefäße das Gleichgewicht. Man hat

zwey gleich große und gleichgewichtige an Fäden hängende Elfenbeinkugeln und taucht zugleich jede in eines dieser Gefäße, so wird das Gleichgewicht der Waage nicht gestört. Denn es ist hier gerade so, als hätte man in jedes Gefäß soviel Wasser gegossen, als der Raum einer dieser Kugeln beträgt.

III. Tauchte man in das eine Gefäß eine Kugel von Elfenbein, in das andere aber eine gleich große Kugel von Messing, so würde das Gleichgewicht wiederum fortbestehen, da es hiebey nur auf die Größe des eingetauchten Körpers ankömmt. Der Unterschied wird hier nur dieser seyn, daß die Hand, welche die eingetauchte Messingkugel trägt, mehr zu tragen hat, als die andere, welche die Kugel von Elfenbein hält.

IV. Taucht man in das eine Gefäß eine Kugel von Elfenbein, in das andere aber eine gleichgewichtige Kugel von Bley, so wird das Gleichgewicht sogleich gestört werden. Denn da die Elfenbeinkugel ein weit größeres Volum, als die bleyerne hat, so ist jenem Gefäße das Gewicht einer Wassermasse in weit größerm Raume, diesem Gefäße aber das Gewicht einer weit kleinern Wassermasse zugewachsen. Daher muß das Gefäß mit der Elfenbeinkugel sinken. Wäre z. B. die Elfenbeinkugel gerade noch einmal so groß, als die Bleykugel, so könnte man zwey Bleykugeln von einerley Größe gegen die eine elfenbeinene eintauchen, um das Gleichgewicht zu erhalten.

V. Wenn an einer Waage ein Gefäß mit Salz-

wasser und ein anderes mit reinem Wasser im Gleichgewichte ist, und man taucht in jedes eine elfenbeinene Kugel von gleichem Volume, so wird das Gleichgewicht gestört und das Gefäß mit Salzwasser muß sinken. Denn es ist hier gerade so, als hätte man in das eine Gefäß so viel Salzwasser gegossen, als reines Wasser in das andere.

VI. Wenn sich's träfe, daß ungleich große feste Körper, von einerley absolutem Gewichte, in specifisch verschiedene Flüssigkeiten, welche in Gefäßen an der Waage im Gleichgewichte sind, eingetaucht würden, und das Gleichgewicht bestände nach dem Eintauchen noch fort, so wäre dieses ein Beweis, daß sich die specifischen Gewichte der Flüssigkeiten verkehrt wie die Räume der in sie eingetauchten festen Körper verhielten. Mit Salzwasser und mit reinem Wasser, worin man feste Körper von nicht sehr verschiedener eigenthümlicher Schwere eintaucht, läßt sich der Versuch anstellen.

§. 92.

Fernere Bestätigung durch einen Versuch.

I. Es sey an der Waage ABC (Fig. 22.) eine lange, nicht weite, mit Wasser gefüllte Glasröhre MN mit Gegengewichten in F im Gleichgewichte. Auch sey an einem feinen Faden CD das Bleykügelchen D so aufgehängt, daß sich dasselbe im Wasser eingetaucht befindet. Wenn nun die Waage in vollkommener Ruhe ist, und man schneidet das feine Fädchen sanft durch, so fällt die Kugel D im Wasser

zu Boden. Während der Zeit ihres Fallens steigt der Waagbalken bey C etwas in die Höhe. Sobald aber die Kugel B den Boden in N berührt, so stellt sich das anfängliche Gleichgewicht wieder her.

II. Der Grund dieser Erscheinung ist folgender: das Gewicht der Kugel D ist in zwey Theile getheilt. Der eine, das Gewicht des Wassers in ihrem Raum, wächst dem Wasser zu; der andere, der Ueberschuß ihres specifischen Gewichts über jenes des Wassers, wirkt bey C auf die Waage, vermittelst des Fadens CD. Wird dieser Faden zerschnitten, so fällt diese Kraft, welche nun gänzlich zum Fallen der Kugel verwendet wird, hinweg und die Waage wird bey C leichter, kömmt die Kugel auf den Boden, so wirkt ihr respectives Gewicht natürlich wiederum auf die Waage ein.

§. 93.

Liquide Körper von verschiedenem specifischem Gewichte.

I. Die bisherigen Sätze vom Untersinken specifisch schwererer Körper in leichtern liquiden, müssen auch auf specifisch schwerere liquide Körper in leichtern liquiden, gegen welche sie keine chemische Verwandschaft besitzen, anwendbar seyn. Daher wird z. B. das Quecksilber in dem Wasser zu Boden sinken mit seinem respectiven Gewichte. Auf gleiche Weise das Wasser im Oele.

II. Solche Flüssigkeiten folgen auch darin dem allgemeinen Gesetze der Hydrostatik, daß sie in waagrechten Oberflächen übereinander stehen; so

zwar, daß sie sich nach Verhältniß ihrer specifischen Gewichte über einander stellen. Bringt man z. B. Quecksilber, Wasser und Oel in das nämliche Glas, so wird Quecksilber die niedrigste Stelle, Wasser die mittlere und Oel die obere einnehmen; dergestalt, daß ihre gegenseitige Grenzflächen horizontal sind. Der Grund dieses gesetzmäßigen Standes ist leicht zu erkennen.

III. Um dieses hydrostatische Verhalten bey vier Flüssigkeiten nachzuweisen, giese man in ein langes, schmales und helles cylindrisches Glas: Quecksilber, flüssiges Weinsteinsalz, Weingeist und Bergöl, so werden sich diese Körper, in genannter Ordnung, das Quecksilber zu unterst, über einander stellen. Verstopft man das Glas und schüttelt dieselben durcheinander, so entsteht keine Vermischung, sondern nur eine Vermengung und die getrübte Masse stellt ein chaotisches Ganzes dar. Ueberläßt man alles der Ruhe, so trennen sich die Flüssigkeiten von einander, und jede nimmt ihre verhältnißmäßige Stelle wieder ein. Man nennt dieses die Elementarwelt.

IV. Auch gehört hieher der Versuch des Baco von Verulam, welcher unter dem Namen Passevin bekannt ist. Wenn man nämlich in ein mit Wasser angefülltes Gefäß ein mit langem, engen Halse versehenes, mit rothem Weine gefülltes, bauchigtes Glasfläschchen umgekehrt stellt, so steigt das Wasser nach und nach in die Höhe und der specifisch schwerere Wein senkt sich herab.

V. Wenn feste Körper von verschiedenem specifischen Gewichte in Flüssigkeiten aufgelöst sind, und sich aus ihnen niederschlagen, so werden sie sich nach Verhältniß ihrer specifischen Gewichte über einander lagern, woraus man die ursprüngliche Bildung der schichtenförmigen Lagerstätten vieler Fosilien erklären kann.

§. 94.

Specifisch leichtere feste Körper in liquiden.

I. Wenn ein fester Körper weniger wiegt, als das Wasser in seinem Raume, so muß derselbe, ganz in dem Wasser eingetaucht und sich selbst überlassen, darin emporsteigen. Denn die Kraft, welche ihn emporhebt, ist dem Gewichte des Wassers in seinem Raume gleich. Daher müssen alle feste Körper, welche specifisch leichter als liquide sind, worin man sie eintaucht, sich selbst überlassen, in den Flüssigkeiten aufsteigen. Die Kraft, womit dieses geschieht, ist dem Ueberschusse des specifischen Gewichts des Flüssigen über jenes des festen Körpers gleich. Soll daher dieses Aufsteigen gehindert werden, so muß die Gegenkraft diesem Ueberschusse gleich seyn.

II. Da z. B. die meisten Hölzer specifisch leichter, als das Wasser sind, so werden dieselben, durchaus darin eingetaucht, im Wasser emporsteigen. Dies zeigt z. B. das Tannen-, Buchen-, Weiden- und Fichten-Holz. Auf gleiche Weise steigt die in Quecksilber getauchte eiserne Kugel darin

in die Höhe; ebenso die Elfenbeinkugel, die Glaskugel, welche sämmtlich im Wasser untersänken.

§. 95.

Specifisch leichtere Flüssigkeiten in schwerern.

Eben diese Sätze gelten auch von specifisch leichtern Flüssigkeiten in schwerern, gegen welche sie keine Verwandtschaft besitzen. So steigt z. B. das Oel im Wasser, das Wasser im Quecksilber, und aus ganz ähnlichem Grunde der Rauch in der Luft empor.

§. 96.

Schwimmen fester Körper auf flüssigen.

I. Wenn ein fester Körper von leichterer Art in dem specifisch schwerern liquiden emporsteigt, und an dessen Oberfläche kömmt, so wird er sich zum Theil über dieselbe erheben, zum Theil aber noch unter derselben eingetaucht seyn. Man erkennt leicht, daß sich dieser Körper so tief eintauchen müsse, bis das Gewicht des im eingetauchten Theile enthaltenen liquiden Körpers dem ganzen Gewichte des festen gleich kömmt. Denn nun wird Kraft und Gegenkraft, d. h. die Kraft zu sinken und die Kraft zu steigen, einander gleich seyn.

II. Wenn das Gefäß ACB (Fig. 23.) bis AB mit Wasser angefüllt ist, und der Körper D hätte das halbe specifische Gewicht des Wassers, so müßte er zur Hälfte eingetaucht und zur Häfte über dem Wasser hervorragend seyn.

III. Wenn der Körper E auf einen Drittheil

seines Volums eingetaucht wäre, so müßte das Wasser dreymal specifisch schwerer, als er selbst seyn. Denn das Wasser in dem dritten Theileseines Volums hätte in diesem Falle ein seiner ganzen Masse gleiches Gewicht.

IV. Wäre der Körper F auf zwey Drittheile eingetaucht, so würde sein specifisches Gewicht zwey Drittheile von jenem des Wassers seyn u. s. w.

§. 97.

Folgerungen hieraus.

I. Feste Körper von gleichem absolutem Gewichte, aber von verschiedener specifischer Schwere, tauchen sich in specifisch schwerern liquiden Körpern dergestalt ein, daß sie in denselben gleiche Räume einnehmen. Denn jeder von ihnen muß so tief darin eintauchen, bis er ein ihm gleiches Gewicht verdrängt hat. Ein Pfund Korkholz und ein Pfund Buchenholz, auf das nämliche Wasser gelegt, verdrängen gleichviel Wasser, denn jedes muß den Raum vom Gewichte eines Pfundes Wasser einnehmen. Da aber Korkholz vielmal specifisch leichter, als Buchenholz ist, so wird sich ein weit größerer Theil von jenem, als von diesem oberhalb des Wassers befinden.

II. Wenn die in das Wasser getauchten specifisch leichtern Körper gleiches Volum, aber unter sich verschiedene specifische Schwere haben, so sind die eingetauchten Theile ungleich, da der specifisch schwerere mehr Wasser, als der leichtere verdrängen

muß. Ein Cubikfuß Korkholz sinkt also lange nicht so tief ins Wasser, als ein Cubikfuß Buchenholz.

III. Auch ist klar, daß sich in diesem Falle die eingetauchten Theile, ihren Voluminen nach, gerade wie die specifischen Gewichte der festen Körper verhalten. Denn jener, welcher z. B. noch einmal so tief eintaucht, verdrängt die doppelte Wassermasse und hat somit in gleichem Raume das doppelte Gewicht. Da sich indessen die Größen dieser eingetauchten Stücke nicht sehr genau angeben lassen, so kann man hieraus das specifische Gewicht der festen Körper nicht mit Sicherheit bestimmen.

IV. Desgleichen folgt, daß der nämliche feste Körper, in liquiden von größerem, aber unter sich ungleichem Gewichte eingetaucht, sich auf verschiedene Tiefe einsenken wird, und daß sich die Größe dieser eingetauchten Theile umgekehrt wie die specifischen Gewichte der Flüssigkeiten verhalten. Wenn z. B. der nämliche Holzkörper in einer Flüssigkeit noch einmal so tief einsänke, als in der andern, so würde die letztere noch einmal so specifisch schwer, als erstere seyn.

§. 98.

Schweben fester Körper in liquiden.

I. Wenn ein fester Körper mit einem liquiden gleiches eigenthümliches Gewicht hat, und durchaus in ihm eingetaucht wird, so muß er überall in demselben schweben, d. h. er kann weder zu Boden sinken, noch emporsteigen, da es gerade so viel ist,

als wäre sein Raum mit der liquiden Masse angefüllt.

II. Frische Eyer sind specifisch schwerer, als reines Wasser und sinken deshalb darin zu Boden. Wird dieses Wasser gehörig mit Salz verbunden, so steigt das frische Ey, weil es nun specifisch leichter ist, als dieses Salzwasser, darin empor. Macht man nun eine gehörige Mischung von Salzwasser und von reinem Wasser, so wird das Ey in derselben schweben, d. h. überall in Ruhe bleiben, wohin man es bringt.

§. 99.

Schwimmen specifisch schwererer Körper auf leichtern.

I. Es kann sehr wohl geschehen, daß feste Körper von specifisch größerem Gewichte auf specifisch leichtern Flüssigkeiten schwimmen. Die massive Zinnkugel z. B., welche ein Pfund wiegt, sinkt im Wasser unter. Wird aber von dieser Masse eine hohle Kugel gegossen, deren Oberfläche z. B. ein Viertel Quadratschuh beträgt, so wird sie, auf das Wasser gelegt, bey ihrem Eintauchen sehr bald ein Pfund Wasser verdrängen, und daher mit einem Theile ihres Volums über dem Wasser emporragen.

II. Wenn man daher die Masse solcher fester Körper in einen weit größern Raum bringt, z. B. dadurch, daß man ihr eine hohle Gestalt gibt, so wird durch diese Vermehrung des Volums der schwerere Körper auf dem leichtern schwimmen, und jener wird sich nur so tief eintauchen, bis das Ge-

wicht des verdrängten Flüssigen seinem absoluten Gewichte gleich kömmt.

§. 100.

Anwendungen davon.

I. Hieraus erklärt man, daß die Schiffe große Läste von specifisch schwerern Körpern, als Wasser, ohne unterzusinken tragen können. Die hohle Gestalt des Schiffes bewirkt, daß dasselbe eine große Menge Wassers beym Eintauchen verdrängt, und somit fähig ist, bedeutende Gewichte aufzunehmen, wodurch sich dasselbe zwar tiefer einsenkt, aber dennoch mit Sicherheit schwimmt.

II. Auch die metallenen Brückenschiffe, welche aus zusammengefügten Kupferplatten bestehen, erläutern dieses. Obschon jedes Stückchen massives Kupfer im Wasser untersinkt, so taucht sich das kupferne Schiff, wegen seines sehr großen Volums, nur zum Theil ins Wasser, und ist im Stande, der ungeheuren Last von Kanonen, Proviantwägen und Mannschaft den sichern Uebergang zu gestatten, wenn mehrere dieser Schiffe zu einer Schiffbrücke verbunden werden.

III. Da der Mensch, der Regel nach, specifisch schwerer, als Wasser ist, so müßte er darin, sich selbst überlassen, untergehen. Bindet sich derselbe aber mehrere große, mit Luft angeschwellte Blasen um den obern Theil des Leibes, so kann er mit Sicherheit ins Wasser gehen, da diese Blasen sein Gewicht um sehr Weniges, sein Volum aber um

sehr Vieles vermehren. Besondere Vorrichtungen zu diesem Zwecke nennt man Schwimmgürtel; z. B. ein lederner Wamms auf Brust und Rücken, welcher mit Luft bedeutend angeschwellt werden kann, in Verbindung mit einem ledernen Gürtel um die Lenden, welcher ebenfalls mit Luft, in Gestalt eines weiten Schlauchs, aufgeblasen wird.

IV. Auch das plötzliche Aufsteigen und Niedersinken der Fische im Wasser erklärt sich aus dieser Theorie. Durch vermehrte Ausdehnung der Schwimmblase erweitert der Fisch das Volum seines Körpers, wird specifisch leichter, als das Wasser und steigt somit in die Höhe. Ein Zusammenziehen der Schwimmblase bewirkt das Gegentheil.

V. Wenn beladene Schiffe in seichten Häfen auf Sand gerathen, so ist die unmittelbare Anwendung der Muskelkraft der Menschen zu schwach, das Schiff wiederum flott zu machen. Bindet man aber eine hinreichende Menge von leeren, hölzernen Tonnen unter dem Wasser an dasselbe, so wird es durch diese bedeutende Vermehrung des Volums allmählig gehoben werden.

VI. Noch gehört die Wirkung des sogenannten Cartesianischen Täucherchens hieher. Ein kleines, von dünnem Glase geblasenes, hohles Männchen hängt an einem hohlen, mit enger Oeffnung versehenen Glaskügelchen; so, daß das Ganze nur etwas Weniges specifisch leichter, als das Wasser ist. Setzt man dasselbe in eine hohe, mit Wasser ganz gefüllte gläserne Flasche, schließt

sie vermittelst einer Blase genau zu, und drückt nunmehr auf dieselbe, so wird ein wenig Wasser durch die feine Oeffnung der Glaskugel in dieselbe getrieben. Da hierdurch das Gewicht des Ganzen zugenommen hat, so wird es specifisch schwerer, als das Wasser und sinkt unter. Läßt man hier mit dem Drucke auf die Blase nach, so dehnt sich die in dem Glaskügelchen etwas zusammengepreßte Luft wiederum aus, das Wasser tritt hierdurch ebenfalls hervor und das Täucherchen, welches hierdurch specifisch leichter geworden ist, steigt in die Höhe. Durch einige Uebung kann man das Täucherchen auch zum Schweben bringen.

§. 101.

Einige hierher gehörige Formeln.

I. Wenn man das absolute Gewicht eines schwimmenden Körpers $= a$, das specifische Gewicht des liquiden, worauf er schwimmt $= s$ und die Größe seines eingetauchten Theils $= r$ setzt, so ist $a = r \times s$, d. h. man findet das absolute Gewicht des schwimmenden Körpers, wenn die Größe des eingetauchten Theiles mit dem specifischen Gewichte der Flüssigkeit, worin er schwimmt, multiplicirt wird. Denkt man sich z. B. ein leeres, auf dem Wasser schwimmendes Schiff, welches sich so tief in dasselbe eintaucht, bis das Gewicht des verdrängten Wassers seinem absoluten Gewichte gleich ist, so kann man letzteres berechnen, wenn die Größe des eingetauchten Theils nach rheinl. Cubic-

fußen bestimmt und deren Zahl mit $65\frac{1}{2}$ Pfunden multiplicirt wird. Verdrängte das Schiff im Wasser hundert Cubicschuhe, so würde es 6550 Pfunde wiegen. Wird nun dieses Schiff mit Waaren beladen, so taucht es für jede $65\frac{1}{2}$ Pfunde, welche es aufnimmt, um einen rheinl. Cubicfuß tiefer in das Wasser ein.

II. Aus dieser Formel $a = r \times s$ folget, wenn man beyderseits mit s dividirt, diese andere: $r = \frac{a}{s}$ d. h. man findet die Größe des eingetauchten Theils, wenn man das absolute Gewicht des schwimmenden Körpers durch das specifische des liquiden, worauf er schwimmt, dividirt. Ein Schiff sammt Ladung wieget z. B. einmal hundert acht und dreisig Tausend Pfunde, so wird dasselbe $\frac{138000}{65\frac{1}{2}} = 2106$ Cubicfuß Wasser verdrängen und die Größe des eingetauchten Theils beträgt etwa 2106 Cubicfuße.

III. Aus derselbigen Formel $a = r \times s$ folget, wenn man beyderseits durch r dividirt, diese: $s = \frac{a}{r}$ d. h. wenn man das absolute Gewicht des schwimmenden Körpers durch die Größe seines eingetauchten Theiles dividirt, so gibt der Quotient das specifische Gewicht des liquiden Körpers, auf welchem er schwimmt.

§. 102.

Das Schwimmen in dem Wasser.

I. Von dem seither betrachteten, blos hy-

drostatischen Schwimmen, welches lediglich von dem Verhältniß der specifischen Gewichte abhängt, ist das Schwimmen der Menschen und vierfüßigen Thiere in dem Wasser verschieden, weil hiebey auch die Muskelkraft mitwirkt. Nach Mouschenbröck's Versuchen verhält sich das specifische Gewicht eines Menschen von gewöhnlicher Bildung zu jenem des reinen Wassers, wie 1,111 zu 1; so, daß der menschliche Körper specifisch schwerer, als das Wasser ist und somit, im Wasser eingetaucht und sich selbst überlassen, darin untersinken müßte; und zwar mit dem Uebergewichte seiner specifischen Schwere.

II. Gesetzt nun, der Mensch sey im Wasser eingetaucht bis zum Kopfe, welchre, um Luft zu schöpfen, ausser demselben hervorragen muß, so muß die Kraft, welche ihn vor dem Untersinken schützt, wenigstens so groß seyn, als das Gewicht des Kopfes nebst dem Ueberschuß vom Gewichte des eingetauchten Theils über das Gewicht einer gleich großen Wassermasse. Diese Kraft kann dadurch gewonnen werden, daß man durch eine schickliche Bewegung mit flachen Händen sich nach unten gegen das Wasser anstemmt, wodurch, nach dem allgemeinen Gesetze der Gegenwirkung, von Seite des Wassers ein Gegenstoß von unten nach oben erfolgt, welcher das Untersinken verhindert. Auch die Bewegung der Füße gegen das Wasser erzeugt eine solche Gegenwirkung des Wassers. Auf dem Rücken kann man mit Anwendung von geringerer Kraft

deshalb schwimmen, weil ein größerer Theil des Körpers, der hintere Theil des Hauptes, im Wasser eingetaucht ist. Daß vierfüßige Thiere mit mehr Leichtigkeit schwimmen, als der Mensch, mag größtentheils von der Richtung ihres Halses, in Bezug auf den übrigen Körper, herrühren. Was die Thiere der Instinct lehrt, das muß sich der Mensch durch Furchtlosigkeit und Uebung aneignen.

III. Obgleich der menschliche Körper, der Regel nach, specifisch schwerer, als das Wasser ist, so gibt es Ausnahmen davon. Ein Italiener Paolo Moccia, wog 300 neapolitaner Pfunde und war um 30 Pfunde leichter, als das Wasser im Raume seines Körpers. Er war, bey zartem Knochenbau, wohl beleibt und konnte, ohne unterzusinken, ins Wasser treten, worin er, aufrecht stehend und etwa bis zum obern Theile der Brust eingetaucht, mit Sicherheit schwamm. Wenn Taucher ihn bey den Füßen ganz unter das Wasser zogen und wiederum los ließen, so stieg er lothrecht empor. Er konnte die flachen Hände und Füße bequem als Ruder gebrauchen, um sich mit Leichtigkeit auf dem Wasser fortzubewegen. Wahrscheinlich haben viele Menschen, ohne es zu wissen, diese interessante Eigenschaft.

IV. Auch das Fliegen der Vögel ist nichts anders, als ein Schwimmen dieser Thiere in der Luft durch Beyhülfe der Muskelkraft. Obwohl das eigenthümliche Gewicht des Vogels jenes der atmosphärischen Luft bey weitem übertrifft, so hat die Na-

tur den innern und äussern Bau dieser Thiere so zweckmäßig eingerichtet, daß sie sich dennoch in ihr bewegen können. Die dünnen, hohlen und deshalb dennoch festen, mit Luft durchströmten Knochen, die mancherley Luftbehälter, die äussere Bekleidung mit Federn, die bedeutende Wirkung des Flügelschlags, die ausgespreizten Schweiffedern, der keilförmige Bau des Vogels von der Spitze des Schnabels bis zur Brust, vereinigen sich zu einem Zwecke. Wir müssen hierbey die bedeutende Muskelkraft zur Bewegung ihrer Flügel bewundern, da den Seefahrern bisweilen Schaaren von Vögeln begegnen, welche Meilen weit vom festen Lande entfernt sind.

V. Auch der Mensch wollte den Vögeln das Fliegen ablernen. Degen's Versuche in Wien zeigten dieses Streben. Allein sie sind nicht durchaus gelungen. Die Muskelkraft des stärksten Mannes wird, auch bey dem sinnreichsten Mechanismus, die künstlichen Flügel zu bewegen, niemals im Stande seyn, den menschlichen Körper in die Luft zu erheben. Ob fliegende Menschen in anderer Hinsicht wünschenswerth wären, möchte man wohl bezweiflen.

§. 103.

Bestimmung des specifischen Gewichts der Körper.

I. Da das specifische Gewicht der verschiedenartigen Naturkörper sehr verschieden erscheint, und als ein natürliches Unterscheidungszeichen anzusehen ist, so entsteht die Frage: Wie kann man die eigenthümlichen Schweren der festen, liquiden und luft-

förmigen Körper bestimmen? Da alles Messen eine Einheit voraussetzt, so muß auch zu diesem Zwecke eine solche aufgefunden werden. Man fand das reine Wasser, bey einem bestimmten Grade von Wärme, als das bequemste Mittel dazu.

II. Man nennt aber reines Wasser dasjenige, was frey ist von allen fremdartigen Theilen. Flußwasser und Quellwasser ist nicht rein, sondern mit salzigen, erdigen, wohl auch mit metallischen Theilchen verbunden. Noch weniger verdienen die Mineralwasser diesen Namen. Weit reiner, als Quell- und Flußwasser, ist das Regen- oder Schnee-Wasser. Das Wasser wird am bequemsten durch die Destillation gereinigt. Destilliren heißt aber, das Wasser in einem geschlossenen Gefäße durch Einwirkung der Wärme in Dämpfe verwandeln, diese Dämpfe durch eine Leitungsröhre in ein anderes Gefäß übertreten und sich daselbst wieder in Wassertröpfchen verdichten lassen. Die fremdartigen, weit weniger flüchtigen Beymischungen, gehen hier nicht mit über, sondern bleiben zurücke.

III. Das Wasser, welches man hierdurch erhält, ist immer von der nämlichen physischen Beschaffenheit und besitzt einerley specifische Schwere. Man kann es daher, als unveränderliche Einheit, überall leicht darstellen. Nur muß man seinen Wärmegrad berücksichtigen, da kälteres Wasser dichter, wärmeres aber weniger dicht ist. Ausserdem eignet sich das reine Wasser auch deshalb sehr gut zur hydrostatischen Einheit, weil sein specifisches

Gewicht zwischen jenem anderer Körper so ziemlich in der Mitte liegt; so, daß eine große Reihe von Körpern specifisch schwerer, eine andere aber sich specifisch leichter zeigt, als das Wasser.

IV. Noch gehört zur Bestimmung der specifischen Gewichte eine empfindliche Waage, welche man, wegen ihrer Anwendung, die hydrostatische Waage nennt, und das dazu nöthige, gehörig eingerichtete Gewicht.

§. 104.

Bestimmung des specifischen Gewichts liquider Körper.

I. Man wähle sich ein nicht allzu großes Glas, dessen Oeffnung einen etwas breiten, wohl abgeschliffenen Rand hat, welcher mit einer ebenfalls wohl abgeschliffenen Glasscheibe luftdicht geschlossen werden kann. Das Gläschen muß auch in dem Innern bequem gereinigt werden können. Wägt man dasselbe mit größter Genauigkeit auf der hydrostatischen Waage, füllt es nun durchaus mit reinem Wasser an, streicht, durch Aufsetzen der Deckelscheibe, das überflüssige Wasser weg, trocknet alles von aussen gehörig ab, wiegt es wieder auf der Waage und zieht das vorige Gewicht von diesem ab, so hat man das Gewicht des reinen Wassers im Raume des Glases gefunden, welches bemerkt wird. Nachdem das Gläschen im Innern von allem Wasser sorgfältig gereinigt, und nun z. B. mit reinem Weingeiste gefüllt, wie vorhin behandelt und wiederum gewogen wird, so bestimmt die Differenz

vom Gewichte des leeren und des mit Weingeist gefüllten Glases, das Gewicht dieser Flüssigkeit im Raume dieses Gefäßes. Setzt man nun die Proportion: das gefundene Gewicht des reinen Wassers verhält sich zum gefundenen Gewichte des Weingeistes wie 1 : x, so läßt sich x leicht berechnen.

II. Verfährt man mit andern liquiden Körpern auf gleiche Weise, so findet man ihre specifische Gewichte gegen die, zur Einheit angenommene, Schwere des Wassers. Hiebey ist jedoch zu bemerken, daß diese Versuche bey einerley Stand des Thermometers anzustellen sind, wenn sie volle Genauigkeit haben sollen.

III. Eine andere Methode, die specifischen Gewichte liquider Stoffe zu finden, ist folgende. Man tauche eine an einem Pferdehaare (weil dasselbe mit dem Wasser fast gleiches specifisches Gewicht besitzt) hängende Glaskugel, deren Gewicht in freyer Luft genau bestimmt worden ist, in das reine Wasser und bemerke den Verlust, welchen sie hier erleidet, so ist die Differenz von Beyden das Gewicht des reinen Wassers im Raume der Kugel. Nachdem sie gehörig gereinigt ist, tauche man sie z. B. in Terpentinöl, so wird der Verlust der sich darin ergibt, vom absoluten Gewichte der Kugel abgezogen, das Gewicht des Oels in ihrem Raume angeben. Setzt man nun eine ähnliche Proportion, wie die vorige an, so ergibt sich das specifische Gewicht des Terpentinöls gegen die Einheit des Wassers. Stellt man diese Versuche mit andern Flüssigkeiten (auch mit

Berücksichtigung der Temperatur) gehörig an, so ergeben sich die zu suchenden Resultate. Nur bey Quecksilber kann diese Methode nicht Statt finden; wohl aber jene von I.

§. 105.

Specifisches Gewicht des reinen Wassers.

I. Will man das specifische Gewicht des reinen Wassers mit Genauigkeit finden, so gehört dazu genaues Maas und Gewicht. Man lasse z. B. von Messing einen Würfel verfertigen, dessen Seite genau einen Zoll beträgt, so stellt derselbe einen Cubiczoll dar. Diesen Cubiczoll mit großer Genauigkeit zu verfertigen, ist keine leichte Aufgabe für den practischen Künstler. Wiegt man ihn nun in der Luft, und dann in dem Wasser, mit größter Genauigkeit ab, so stellt die Differenz beyder Gewichte, das Gewicht eines Cubiczolls reinen Wassers dar, von welchem man sodann auf das Gewicht des Cubicfußes leicht schließen kann. Da 1000 Decimal-Cubiczolle oder 1728 Duodecimalzolle einen Cubicfuß bilden. Ist der Cubiczoll fehlerhaft gearbeitet, so wird dieser Fehler, beym zehntheiligen Maase 1000mal, beym zwölftheiligen aber 1728mal vermehrt, wenn man von ihm auf das Cubicfußes Wasser schließet.

II. Nach den Versuchen, welche Gren und Karsten angestellt haben, wiegt ein rheinländischer Decimal-Cubiczoll reines Wasser bey 65° des Fahrenheitischen Thermometers $502^{11}/_{46}$ Gran cölln.

oder $492\frac{11}{48}$ Gran im Medicinal-Gewichte. Daher wiegt ein rheinländischer Cubicfuß 65 Pfund 14 Loth, 2 Quentchen $7\frac{1}{2}$ Gran, oder im deutschen Medicinal-Gewichte (ein Pfund zu 16 Unzen) 64 Pfunde, 1 Unze, 3 Drachmen, 2 Scrupel, $9\frac{1}{6}$ Gran. Die Versuche anderer Naturforscher weichen mehr oder weniger von diesen Angaben ab. Den Grund davon findet man leicht in dem Vorhergehenden. Der so thätige als scharfsinnige Naturforscher, Herr Professor Schmidt in Gießen, reducirte diese Angaben, und es wiegt 1 Cubicfuß

Regenwasser nach Karsten	69,015	Pf.par.
— Mouschenbröck	70,460	—
— s'Gravesand	70,748	—
— Eisenschmidt	69,300	—
— Kirvan	70,321	—
nach Brisson u. Lavoissier	70,300	—
nach Schmidt	69,426	—

§. 106.

Bestimmung des specifischen Gewichts fester Körper.

1. Wenn die festen Körper specifisch schwerer, als Wasser und nicht auflöslich in demselben sind, so befestige man dieselben an das Pferdehaar, wiege sie genau in der Luft ab, tauche sie in reines Wasser, und bestimme den darin erlittenen Verlust. Wird nun mit diesem Gewichtsverluste in das absolute Gewicht derselben dividirt, so ergibt sich ihr specifisches Gewicht zu dem des reinen Wassers. Denn man hat hiedurch das Gewicht des festen

Körpers und des reinen Wassers in seinem Raume gefunden. Durch diese Methode kann das specifische Gewicht aller Metalle und sehr vieler anderer Fossilien, nicht aber jenes von massiven Salzkörpern, wegen ihrer Auflöslichkeit im Wasser, bestimmt werden.

II. Sind aber die festen Körper specifisch leichter, als Wasser und ebenfalls unauflösbar ihm, so dient folgendes Verfahren. Man befestige einen specifisch schwereren Körper, dessen Gewicht in der Luft, so wie auch dessen Verlust im Wasser, genau bestimmt worden ist, an den festen, specifisch leichtern Körper, tauche beyde in das Wasser, bemerke den Verlust, welchen sie erleiden, und ziehe von diesem den Gewichtsverlust ab, welchen der specifisch schwerere Körper allein in dem Wasser erlitten hatte, so ist die Differenz das Gewicht des reinen Wassers im Raume des specifisch leichtern festen Körpers. Dividirt man nun mit diesem Resultate in das bekannte absolute Gewicht dieses leichtern Körpers, so gibt der ächte Decimalbruch das zu findende Resultat. Auf diese Weise läßt sich z. B. das specifische Gewicht des Buchenholzes finden, wenn man mit demselben so viel massives Bley verbindet, daß beyde Körper zusammen im Wasser untertauchen.

III. Um das specifische Gewicht kleinerer Stücke von specifisch schwereren, im Wasser nicht auflöslichen, festen Körper zu finden, befolge man nachstehendes Verfahren. Ein gläsernes Eimerchen, dessen Gewicht in der Luft scharf bestimmt worden

ist, wird, an Pferdehaaren hängend, ganz in das Wasser getaucht, um seinen Verlust darin zu erfahren. Werden nun die kleineren Stücke des festen Körpers, deren absolutes Gewicht man ebenfalls bestimmt hat, in den Eimer gelegt, derselbe abermal untergetaucht, so zeigt der jetzige Gewichtsverlust das Gewicht des Wassers in dem vereinigten Raume des Eimers und der darin befindlichen festen Körpertheile an. Nimmt man von diesem Verluste den Verlust des leeren Eimers hinweg, so erhält man das Gewicht des Wassers im Raume der kleinen Körperchen und durch dieses das Verhältniß ihres specifischen Gewichtes zu jenem des Wassers.

§. 107.

Einrichtung und Gebrauch des Nicholson'schen Areometers.

I. Das Areometer von Nicholson hat folgende Einrichtung. An einem hohlen Cylinder von Blech EFNM (Fig. 25) befindet sich in senkrechter Richtung das Stäbchen DB, welches bei A eine Schale von Messingblech trägt, um Gewichte aufzulegen; in C aber einen sichtbaren feinen Einschnitt hat. Am untern Theile des Cylinders ist das gläserne Eimerchen R angehängt, in welchem sich so viel Gewicht befindet, daß das ganze Instrument, wenn man es in reines Wasser setzt, sich etwa zur Höhe PQ eintaucht und einen geraden Stand im Wasser behauptet. Gesetzt nun, das Ganze wiege in der Luft 500 Gewichtstheile, und man müßte

auf die Schale A noch 100 dieser Theile legen, damit das Instrument sich in dem reinen Wasser genau bis C eintauche, so betrüge das Gewicht dieses Wassers in seinem eingetauchten Theile 600 dieser Gewichtstheile.

II. Will man nun das specifische Gewicht eines vorgegebenen Salzwassers mit jenem des reinen Wassers vergleichen, so wird das Werkzeug gehörig getrocknet, in das Salzwasser gesetzt und seine Schale A so lange mit Gewichtstheilen beschwert, bis der Punct C genau in die Oberfläche fällt. Müßte man z. B. 200 dieser Theile auflegen, so verhielte sich das specifische Gewicht des reinen Wassers zu jenem des Salzwassers wie 600:700, d. h. wie 6:7, oder wie 1:1,1666. Auf gleiche Weise kann man auch die specifischen Gewichte anderer Flüssigkeiten durch dieses Areometer bestimmen.

III. Auch dient es zur Bestimmung der specifischen Gewichte fester Körper, welche schwerer als Wasser und unauflöslich in ihm sind. Wollte man z. B. das specifische Gewicht des Bleys finden, so bringe man eine kleine Masse davon in die Schale A, die jedoch nicht so viel betragen darf, daß sich das Areometer schon bis C eintaucht, und lege so viele Gewichtstheile in diese Schale A, bis das Eintauchen zum Puncte C erfolgt. Nimmt man nun das Bley aus der Schale, so steigt das Areometer etwas in die Höhe. Legt man jetzt so viele Gewichtstheile zu, bis der Punct C sich genau bis zur Wasserfläche eintaucht, so bestimmen diese letztere

das Gewicht des Bleyes in der Luft und das Areometer hat die Stelle einer gewöhnlichen Waage vertreten. Nimmt man nun diese Zulaggewichte weg, legt das Bley in den Eimer R und in A so viele Gewichtstheile, bis sich der Punct C zur Oberfläche eintaucht, so bestimmen dieselben den Gewichtsverlust des Bleys im Wasser, oder das Gewicht des Wassers im Raume des Bleys. Da man nun auch das absolute Gewicht des Bleyes weiß, so ist hierdurch dessen specifisches Gewicht leicht zu berechnen. Auch kann man auf diese Weise das specifische Gewicht des Quecksilbers finden.

§. 108.

Areometer mit unveränderlichem Gewichte.

I. Die Areometer mit unveränderlichem Gewichte sind in ihrer Anwendung beschränkter, als jene mit veränderlichem Aufleggewichte, da sie auf dem hydrostatischen Satze beruhen, daß der specifisch leichtere feste Körper sich in solchen liquiden Materien immer tiefer eintauche, welche allmählig specifisch leichter werden. An der hohlen Glaskugel C (Fig. 26.) sey das senkrechte Glasstäbchen BA befestigt und an ihrem untern Theile befinde sich ein Glasstäbchen E mit einer kleinen Kugel O, in welche so viel Bleygewicht gebracht ist, daß das Instrument in Wasser gesetzt, sich bis zum Puncte I eintaucht. Wird nun dasselbe, gehörig gereinigt, in Weingeist gebracht, so wird es sich tiefer, etwa bis D in demselben eintauchen. In diesem Falle verhält sich das

specifische Gewicht beyder Flüssigkeiten umgekehrt wie die beyden Volumina. Setzte man das Instrument aber in Salzwasser, worin es sich etwa bis L einsenkte, so würde hier ein ähnliches Verhältniß Statt finden. Hätte man nun, durch Hülfe der Scala an AB die Verhältnisse der Voluminen der eingetauchten Theile bestimmt, so folgte hieraus auch das Verhältniß der specifischen Gewichte jener Flüssigkeiten. Wären nun letztere etwa im Verhältnisse von 3:2, so müßte das Instrument einen so langen Hals haben, daß sich dasselbe nach dem Verhältnisse von 3:2 eintauchen könnte. Auch setzte es ein tiefes Gefäß voraus, welches man mit den zu untersuchenden Flüssigkeiten anfüllen müßte. Hieraus folgt die beschränkte Anwendung dieser Instrumente.

II. Für besondere Arten von Flüssigkeiten aber lassen sich diese Werkzeuge sehr nützlich gebrauchen: Man nennt sie z. B. Branntwein-Waagen, zur Bestimmung des Verhältnisses vom Geistigen zum Wässerigen im Branntweine; Salzwaagen, zur Bestimmung der verhältnißmäßigen Menge des im Wasser aufgelösten Salzes. So gibt es ferner Weinwaagen, Bierwaagen zur Bestimmung des specifischen Gewichts dieser Getränke.

§. 109.

Schmidts Areometer, von Ciarcy verfertigt.

1. Dieses sehr bequem eingerichtete Areometer besteht aus einem hohlen, birnförmigen Glasge-

fäße E (Fig. 27.), welches vermittelst des senkrechten Stäbchens DB eine Schale A zum Auflegen der Gewichte trägt. In C befindet sich der sichtbare Einschnitt, und an einem Stängchen F ist das hohle Gefäß H befestigt, in welches man anfangs so lange Gewichtstheile bringt, bis das ganze Instrument 700 halbe Grane des cöllnischen Marktgewichtes wiegt. Setzt man es nun in reines Wasser, so sind, bey einer Temperatur von 15° nach Reaumur, noch 300 dieser Gewichtstheile, in die Schale A zu legen, damit der Punct C genau in der Wasseroberfläche erscheint. Hieraus folgt, daß das Gewicht des Wassers im eingetauchten Theile des Areometers gerade 1000 dieser bekannten Gewichtstheile beträgt.

II. Wird nun das Instrument in eine andere Flüssigkeit von gleicher Temperatur gesetzt und man brauchte z. B. 146 dieser Aufleggewichte, um den Punct C in die Oberfläche zu bringen, so verhielte sich das specifische Gewicht des Wassers zu jenem des liquiden Körpers wie 1000:846, d. h. wie 1:0,846.

Brauchte man aber bey einer andern Flüssigkeit 428 Gewichtstheile, um das Instrument eben so tief einzutauchen, so stånden die specifischen Gewichte im Verhältnisse von 1000:1128, oder von 1:1,128.

III. Da man höchstens 500 Aufleggewichte in in die Schale A bringen darf, wenn das Areometer, in der Flüssigkeit bis C eingetaucht, einen sichern Stand behalten soll, so findet es seine Grenze bey

liquiden Körpern, deren specifisches Gewicht 1,200 gegen das zur Einheit angenommene des Wassers beträgt. Es kann aber, nach der nämlichen Einrichtung, ein zweytes Areometer verfertigt werden, welches in der Luft 1200 Gewichtstheile wiegt und im Stande ist, 800 Aufleggewichte mit sicherem Stande zu ertragen, wodurch es das specifische Gewicht einer Flüssigkeit = 2000 d. h. von 1: 2 angeben könnte.

§. 110.

Uebersicht der specifischen Gewichte mehrerer Körper. Das Archimedische Problem.

I. Nach den in den vorhergehenden §§. entwickelten Grundsätzen war man im Stande, Tabellen über die specifischen Gewichte der meisten Naturkörper zu verfertigen. Wenn gleich die Angaben verschiedener Naturforscher bisweilen verschieden erscheinen, so betragen diese gegenseitige Abweichungen meist etwas nur Unbedeutendes.

II. Nachstehende kleine Tabelle enthält nur einen Auszug aus diesen Resultaten der Versuche:

Platina	geschmiedet	21,061
Platina	geschmolzen	19,500
Gold	gehämmert	19,640
Gold	gegossen	19,256
Silber	gehämmert	10,510
Silber	gegossen	10,474
Kupfer	gehämmert	8,878
Kupfer	gegossen	7,788
Rohes Eisen		7,207

Stangeneisen	7,788
Stahl	7,833
Englisches Zinn gehämmert	7,299
Englisches Zinn gegossen	7,291
Bley gegossen	11,253
Zink gegossen	7,190
Kobalt gegossen	7,811
Magnesium	6,850
Quecksilber	13,568
Diamant	3,521
Rubin	4,283
Saphir	3,994
Granat aus Böhmen	4,189
Quarz	2,650
Feldspath.	2,500
Karniol.	2,613
Feuerstein.	2,600
Kreide.	2,252
Meerschaum.	0,336
Bimsstein	0,914
Töpferthon	1,900
Marmor	2,837
Basalt	2,864
Granit	2,956
Gebackener Stein, getrocknet, . . .	1,986
Weises Cristall-Glas	2,892
Grünes Flaschenglas	2,642
Elfenbein	1,825
Schwefel, natürlicher	2,033
Stangenschwefel	1,900

Steinkohle	1,400
Salpeter	1,900
Reines Kochsalz	1,918
Weiser Zucker	1,606
Roher Essig	1,013
Destilirter Essig	1,009
Alkohol	0,791
Vitriolöl	1,877
Nelkenöl	1,034
Terpentinöl	0,792
Baumöl	0,913
Rüböl	0,853
Butter	0,942
Burgunder Wein	0,991
Champagner Wein	0,962
Rheinwein	0,999
Buxbaumholz	1,328
Ebenholz	1,209
Mahagonyholz	1,063
Eichenholz	0,929
Buchenholz	0,852
Weidenholz	0,585
Lindenholz	0,604
Tannenholz	0,550
Korkholz	0,240
Holzkohle im Mittel	0,300
Eis	0,916

III. Die Kenntniß der specifischen Gewichte der Körper ist mehrfach nützlich. Ausserdem, daß in diesen specifischen Schweren ein natürliches Kenn=

zeichen der Stoffe liegt, so kann man auch hierdurch auf die Aechtheit und Reinheit derselben schliessen. Desgleichen lassen sich die z. B. ächten Metalle von verfälschten, ächte Edelsteine von nachgemachten unterscheiden. Auch kann man durch Hülfe dieser Tabelle das Gewicht eines Cubicfußes oder eines Cubiczolles von irgend einer der sich darin befindlichen Materien bestimmen, wenn man die Zahl, welche ihr specifisches Gewicht darstellt, mit dem absoluten Gewichte eines Cubicfußes oder eines Cubiczolles Wasser multiplicirt. Nimmt man nach Lavoisier und Brisson das Gewicht eines Pariser Cubicfußes Regenwasser zu 70 Pariser Pfunden an, so wiegt ein Pariser Duodecimal-Cubiczoll $^{70}/_{1728}$ Pfunde = 373,37 Par. Grane. Nach diesem wöge ein Cubicfuß Quecksilber $70 \times 13,568 = 949,760$ Pfunde; ein Cubicfuß Eichenholz wöge $70 \times 0,929 = 65,030$ Pfunde; ein Cubicfuß Korkholz wöge $70 \times 0,240 = 16,8$ Pfunde u. s. w.

IV. Noch gehört hieher das sogenannte Archimedische Problem, welches Vitruvius in seiner Schrift de architectura Lib. IX. Cap. III. erzählt. König Hiero zu Syracus hatte nämlich den Göttern eine goldene Krone gelobt, dem Goldarbeiter Demetrius eine bestimmte Menge reinen Goldes zuwägen lassen und dagegen eine Krone von gleichem Gewichte erhalten. Der König schöpfte Verdacht, daß Demetrius vielleicht einen Theil des Goldes weggenommen und statt dessen eben so viel (dem Gewichte nach) Silber oder Kupfer bey-

gemischt habe. Archimedes erhielt den Auftrag, die Sache zu untersuchen und soll, als er sich im Bade befand und das Wasser um so höher in der Wanne aufsteigen sah, je tiefer er sich eintauchte, den Schlüssel zur Auflösung gefunden haben. War nämlich der Krone z. B. ein Antheil Kupfer beygemischt, so mußte dieselbe, da Kupfer specifisch leichter, als Gold ist, mehr Raum einnehmen, als wäre sie von reinem Golde, und somit auch, ins Wasser getaucht, einen größern Verlust in demselben erleiden. Dies führt auf folgende Rechnung:

V. Des Metalls I. Gewicht A verliere im Wasser a
des Metalls II. Gewicht B verliere im Wasser b
der Mischung Gewicht C verliere im Wasser c.

Der vom Metalle I. in der Mischung enthaltene Theil sey, dem Gewichte nach, $=x$, so ist der vom Metalle II. in ihr vorhandene Gewichtsantheil $=C-x$. Da sich nun die absoluten Gewichte vom nämlichen Metalle wie ihre Gewichtsverluste im Wasser verhalten, so findet man den Gewichtsverlust von x durch die Proportion $A:a=x:\frac{ax}{A}$; ferner erhält man den Gewichtsverlust des Antheils $C-x$ durch die Proportion $B:b=C-x:\frac{(C-x)b}{B}$. Da nun die Summe dieser beyden Gewichtsverluste dem Verluste der ganzen Mischung gleich seyn muß, so entsteht die Gleichung:

$$\frac{ax}{A} + \frac{(C-x)\,b}{B} = c$$ oder

$aBx + AbC - Abx = ABc$ folglich

$aBx - Abx = ABc - AbC$, d. h.

$(aB - Ab)\,x = (Bc - bC)\,A$ folglich

$$x = \frac{Bc - bC}{aB - Ab} \times A.$$

Beyspiel darüber:

37 Pf. Zinn verlieren im Wasser 5 Pf.

23 Pf. Bley verlieren im Wasser 2 Pf.

120 Pf. Mischung aus Zinn und Bley verliert im Wasser 14 Pf.

Wie viel beträgt der Antheil eines jeden dieser Metalle in der Mischung?

Hier ist $A = 37$; $a = 5$
$B = 23$; $b = 2$
$C = 120$; $c = 14$, folglich $x =$

$$\frac{23 \times 14 - 2 \times 120}{5 \times 23 - 37 \times 2} \times 37 = \frac{322 - 240}{115 - 74} \times 37$$

$= \frac{82}{41} \times 37 = 2 \times 37 = 74$. Daher enthält die Mischung 74 Pf. Zinn und folglich $120 - 74$, d. h. 46 Pf. Bley.

VI. Eine andere Auflösung dieser Aufgabe, auf das zur Einheit genommene specifische Gewicht des Wassers gestützt, ist folgende: Das specifische Gewicht des Metalles I. ist $= \frac{A}{a}$; jenes vom Metalle II. $= \frac{B}{b}$, und jenes der Mischung $= \frac{C}{c}$.

Denn, wenn man das absolute Gewicht eines festen Körpers durch seinen Gewichtsverlust im Wasser dividirt, so erhält man dessen specifisches Gewicht gegen das zur Einheit angenommene des Wassers. Nun sey $\frac{A}{a} = d$; $\frac{B}{b} = e$ und $\frac{C}{c} = f$, so ist das Volum, welches der Antheil x in der Mischung hat, $= \frac{x}{d}$; das Volum vom Antheile $C - x$ in der Mischung $= \frac{C-x}{e}$ und das Volum der ganzen Mischung $= \frac{C}{f}$. Denn wenn man das absolute Gewicht eines Körpers mit seinem specifischen Gewichte dividirt, so gibt der Quotient dessen Volum (§. 22. IV, worin M mit x und D mit d gleiche Bedeutung hat). Folglich ist nunmehr

$$\frac{x}{d} + \frac{C-x}{e} = \frac{C}{f}, \text{ daher}$$

$$ex + dC - dx = \frac{Cde}{f} \text{ und}$$

$$efx + dfC - dfx = Cde, \text{ also}$$

$$efx - dfx = Cde - dfC \text{ und}$$

$$x = \frac{Cde - dfC}{ef - df} = \frac{(e-f)\,Cd}{(e-d)\,f}.$$

Wendet man hier die Zahlen des vorigen Beyspiels an, so wird

$$x = \frac{\left(\frac{23}{2} - \frac{120}{14}\right) \times 120 \times \frac{37}{5}}{\left(\frac{23}{2} - \frac{37}{5}\right) \times \frac{120}{14}} = \frac{\frac{41}{14} \times 24 \times 37}{\frac{41}{10} \times \frac{120}{14}}$$

$$= \frac{\frac{36408}{14}}{\frac{492}{14}} = \frac{36408}{492} = 74, \text{ wie vorhin.}$$

Die Einerleyheit beyder Auflösungen folgt daraus, daß die Gleichung $\frac{x}{d} + \frac{C-x}{e} = \frac{C}{f}$; die Volumina der Metalle und folglich auch ihren Verlust im Wasser darstellt. Uebrigens setzt diese Auflösung des archimedischen Problems zum Voraus, daß die zwey zusammengemischten Metalle einen Raum einnehmen, welcher der Summe ihrer beyden Voluminen vor der Mischung gleich ist; was der Wahrheit nicht vollkommen entspricht, indem das Volum der Mischung meist um etwas Weniges verringert wird; so, daß die Mischung eine etwas größere specifische Schwere hat, als dieses nach den specifischen Gewichten der vermischten Metalle seyn sollte.

Vierte Abtheilung.

Erscheinungen luftförmiger Körper.

§. 111.

Allgemeine Uebersicht.

I. Der Gegenstand dieser Abtheilung ist die Kenntniß und Erklärung jener Phänomene, welche die eigentlich luftförmigen Stoffe in physischer Hinsicht darbieten. Mit Recht kann aber die atmosphärische Luft, welche uns überall umgibt, und womit wir deshalb so leicht Versuche anstellen können, als Stellvertreter aller übrigen gasförmigen Körper betrachtet werden. Die Erscheinungen, welche sie hervorbringt, wird man demnach im Allgemeinen auch auf jede andere luftförmige Substanz anwenden können.

II. Als physische Eigenschaften der atmospärischen Luft treten ihre Schwerkraft und ihre Expansivkraft hervor. Hierdurch sind auch die beyden Hauptstücke dieser Abtheilung bestimmt. Zuerst werden die Phänomene angeführt, welche ihr

Daseyn der Druckkraft der Atmosphäre verdanken; an diese reihen sich sodann jene Erscheinungen, welche aus ihrer Expansivkraft entspringen.

§. 112.

Die atmosphärische Luft ist compressibel, elastisch, expansibel.

1. Die atmosphärische Luft, welche künftig schlechthin Luft genennt werden soll, besitzt einen bedeutenden Grad von Compressibilität. Es sey cabd (Fig. 28.) ein hohler Cylinder von Messing, in seinem Innern wohl polirt; so, daß der Stempel n vermittelst der Handhabe g luftdicht auf und ab bewegt werden kann. Da dieser Cylinder, ehe der Stempel hineingebracht wird, mit Luft gefüllt ist, so ist dieselbe, wenn er bey cd eingeschoben wird, von der äussern Luft abgeschnitten. Drückt man nun den Stempel gegen den Boden hinab, so wird die dazwischen enthaltene Luft in einen immer engern Raum zusammengepreßt, wodurch ihre Compressibilität sehr deutlich bewiesen ist. Je mehr sich aber der Stempel dem Boden nähert, desto größer muß die mechanische Kraft seyn, um dieses zu bewirken, und keine uns zu Gebot stehende Kraft ist im Stande, den Stempel genau mit dem Boden in Berührung zu bringen. Denn nun müßte die Luft aufhören, körperlich zu seyn. Sie behauptet aber ihre Existenz mit solcher Festigkeit, daß mechanische Kräfte ihren luftförmigen Zustand nicht aufheben

können. Zum Wenigsten hat diese Zersetzung bis jetzt noch kein Versuch zu Stande gebracht.

II. Daß die Luft elastisch sey, beweiset eben dieser Versuch. Denn die durch den Stempel zusammen gepreßte Luft hat das Streben, sich wieder in ihren vorigen Raum herzustellen. Sie thut dieses wirklich, wenn die comprimirende Kraft nachläßt. Die Eigenschaft eines Körpers, sich comprimiren zu lassen und so dann wieder, bey weggenommener Kraft, den vorigen Raum einzunehmen, wird aber Elasticität genennt. Daher kann man mit Recht sagen, die Luft sey elastisch, obgleich dieser Ausdruck gewöhnlich nur von festen Körpern gebraucht wird. Ein umgekehrtes Trinkglas, welches man in ein Gefäß mit Wasser immer tiefer hinabtaucht, stellt beym Hinunterdrücken die Compressibilität, bey dem allmähligen Zurückziehen aber die Elasticität der Luft dar.

III. Die Luft ist auch expansibel, d. h. sie hat das Streben, einen größeren leeren Raum, als in welchem sie enthalten ist, so zu erfüllen, daß sie mit gleicher Dichtheit darin vorhanden ist. Ein Cubicfuß Luft wird demnach den leeren Raum von zwey Cubicfußen gleichmäßig erfüllen, wodurch ihre Dichtheit oder ihr specifisches Gewicht um die Hälfte vermindert wäre. Es sey (Fig. 29.) das gläserne Gefäß A voll Luft. An seinen Hals schraube man den Cylinder CD, in dessen Innerm der Stempel E durch den Handgriff F auf und ab bewegt werden kann. Der Stempel befinde sich bey C, der Hahn

B sey geschlossen und man ziehe diesen Stempel mit Gewalt bis E zurück, so entsteht in dem Innern des Cylinders ein luftleerer Raum. Wird nun der Hahn B allmählig gedreht, wodurch die Verbindung des Gefäßes A mit dem Raume des Cylinders hergestellt wird, so hört man das Geräusch, womit die in A enthaltene Luft in den Cylinder zum Theil übertritt, um sich in dem ganzen Raume von A bis E gleichmäßig auszubreiten. Dieses Streben, sich zu verbreiten, nennt man die Ausdehnsamkeit oder Expansibilität. Weiter unten wird dieselbe nach ihrer Gesetzmäßigkeit genauer erkannt werden.

IV. Auf die Compressibilität und Elasticität der Luft gründet sich die Einrichtung und der Gebrauch der Taucherglocke, womit Menschen in die Tiefe des Wassers hinabgelassen, und wieder emporgehoben werden, ohne daß ihnen die zum Athmen nöthige Luft fehlet. Eine nähere Beschreibung davon in den Vorlesungen.

§. 113.

Die Luft ist schwer. Torricelli's Versuch.

I. Die Schwerkraft der Luft war den Alten unbekannt. Wahrscheinlich deshalb weil wir uns in derselben bewegen, ohne ihren Druck zu empfinden. Daß die Luft wirklich schwer sey, beweiset ihre Wirkung auf die Waage. Wenn man (Fig. 29.) das mit Luft angefüllte Glasgefäß A an einer empfindlichen Waage genau abwägt, an den Cylinder

CD luftdicht aufschraubt, den Hahn B öffnet und den Stempel E bis zum Boden C hinabdrückt, wodurch die in dem Cylinder enthaltene Luft in das Gefäß A übertritt, nunmehr den Hahn B zuschließt, das Gefäß abschraubt und wiederum wäget, so gibt es an der Waage einen bedeutenden Ausschlag; zum Beweise, daß die in dasselbe getriebene Luft wirklich ein bestimmtes Gewicht habe. Da nun das Gewicht eine Folge der Schwerkraft ist, so muß die Luft schwer seyn.

II. Weit wichtiger war dagegen der Versuch von Torricelli im Jahr 1643. Er nahm (Fig. 30.) eine Glasröhre AC von einigen dreyßig Zollen Länge, am einen Ende offen, am andern geschlossen, füllte sie durchaus mit Quecksilber an, verschloß die Oeffnung C mit dem Finger, setzte die Röhre in senkrechter Richtung CA in das bis DE mit Quecksilber gefüllte Gefäß DFE, und zog den Finger weg. Die Quecksilber-Säule in der Röhre fiel nicht von A bis B herunter in das Gefäß, sondern senkte sich nur bis zum Puncte H herab; so, daß ihre Höhe HB etwa 28 Zolle betrug. Was kann nun anders der Grund davon seyn, daß eine Quecksilbersäule von so bedeutendem Gewichte in der Höhe BH erhalten werde, als der Druck der äussern Luft auf die Quecksilberfläche DE und durch diese, nach hydrostatischen Gründen, in die Mündung der Röhre nach der Richtung CH? Denn wenn man die Röhre AB einen Zoll tiefer in das Quecksilber DE taucht, so steigt das Quecksilber in der Röhre von H gegen A

um einen Zoll höher; erhebt man aber die Röhre AB um einen Zoll aus dem Quecksilber, so sinkt der Punct H um einen Zoll von H nach B herab; so, daß die Höhe HB immer die nämliche bleibt. Wenn die Röhre HB die Vorrichtung bey A hat, daß ein kleiner, luftdicht eingeriebener Glasstopfen nach Belieben in eine daselbst angebrachte Oeffnung kann eingesetzt und wieder weggenommen werden, so fällt die ganze Quecksilbersäule HB plötzlich herab, wenn durch die Wegnahme des Stopfens die äussere Luft durch die Oeffnung A frey einwirken und somit den Gegendruck der Luft von C nach B aufheben kann.

III. Dieser Versuch, einer der einfachsten und wichtigsten der Physik, heisst der Torricellische Versuch, die Glasröhre, welche dazu dient, die Torricellische Röhre, und der luftleere Raum von A bis H die Torricellische Leere. Da das Quecksilber, wie alle liquide Körper, lufthaltig ist, so muß die torricellische Röhre mit Quecksilber gefüllt werden, welchem man durch gehöriges Erwärmen diese Lufttheilchen geraubt hat. Ausserdem wird, vermöge ihrer Expansivkraft, etwas Luft in den Raum HA übertreten und denselben verunreinigen.

§. 114.

Folgerungen hieraus.

I. Da die atmosphärische Luft diesem zufolge nicht blos compressibel, sondern auch schwer ist, so wird die Luft an der Oberfläche der Erde die größte Dichtheit haben. Denn diese unterste Luftschichte

muß alle höher liegende tragen und wird daher nach dem ganzen Gewichte derselben comprimirt. So wie man sich höhere Luftschichten denkt, so sind dieselben immer von geringerer Dichte und in sehr hohen Regionen der Atmosphäre muß die Luft auch einen hohen Grad von Dünne besitzen. Die Luft auf einem Berge ist demnach von geringerer Dichtheit, als die Luft im Thale.

II. Der Torricellische Versuch hat nicht blos die Schwerkraft der Luft bewiesen, sondern zugleich auch das Maas ihres Druckes gegen jede Ebene bestimmt. Die Luft drückt nämlich auf jede Fläche mit einer Kraft, welche dem Gewichte einer Quecksilbermasse von der nämlichen Grundfläche und von 28 Zoll Höhe gleich ist. Da nun ein Par. Cubicfuß Quecksilber etwa 950 Par. Pf. wigt, so beträgt der Luftdruck gegen die waagrechte Fläche eines Quadratfuses $950 \times 2\,^1/_3 = 2216\,^1/_3$ Pf.; eine Druckkraft, welche höchst bedeutend ist. Warum wir nun z. B. diesen ungeheuern Druck auf der Oberfläche unsers, etwa 16 Quadratfuße betragenden Körpers nicht empfinden, wird weiter unten verständlich werden.

III. Wenn nun der Luftdruck mit einer Quecksilbersäule von 28 Zollen im Gleichgewichte steht; wie hoch wird die Wassersäule seyn, welche ihm ebenfalls das Gleichgewicht hält. Da das Wasser ungefähr vierzehnmal specifisch leichter, als Quecksilber ist, so muß diese Wassersäule eine Höhe von 28×14 Zollen d. h. von $32\,^1/_2$ Fuß haben. Daher kann man sagen, der Luftdruck sey dem Druck einer Wasser-

säule von etwa 32 Fuß in der Höhe gleich. Wegen der in dem Wasser enthaltenen bedeutenden Menge von Luft läßt sich der torricellische Versuch nicht bequem und sicher mit Wasser anstellen.

§. 115.

Anwendungen von dem Luftdrucke.

I. Eine bekannte Anwendung von dem Drucke der Luft bietet der Stechheber dar. Wenn man nämlich (Fig. 31.) die oben und unten offene, in der Mitte bauchigt geformte Blechröhre AB von einigen Fußen in der Länge, bey B verstopft, durchaus mit Wasser anfüllt, nunmehr bei A verschließet, (durch Auflegung des Daumens) und dann bey B wiederum öffnet, so fließet das in dem Gefäße enthaltene Wasser hier nicht aus. Die Kraft, womit dieser Ausfluß geschähe, ist dem Gewichte der Wassersäule von der Grundfläche B und der senkrechten Höhe BA gleich. Da nun der Luftdruck einen Wasserdruck von etwa 32 Fuß erhalten kann, so kann bey B nichts ausfließen, so lange die Höhe BA dieses Normalmaas nicht erreicht. Wäre die Oeffnung B von bedeutender Größe z. B. zwey Zoll im Durchmesser, so würde das Wasser auch bey einer kurzen Röhre AB aus B ausfließen, weil die bey B sehr bewegliche Wasserfläche in ihrem horizontalen Stande sehr leicht gestört wird und der Luft leichtern Eintritt verstattet. Sie steigt nun an einer Seite schnell in die Höhe; indeß das Wasser an der andern her-

abfließt. Verhindert man diese Beweglichkeit der Wasserfläche bey B, entweder durch ein an der Mündung angebrachtes Stückchen feines Papier, oder dadurch, daß man das Gefäß AB bey B in ein anderes Gefäß mit Wasser eintaucht, so wird kein Ausfluß Statt finden.

II. Wenn man in ein durchaus mit Wasser angefülltes und überall luftdicht verschlossenes Faß irgend wo eine Oeffnung macht, welche keine sehr bedeutende Größe hat, so wird nichts von dem Wasser herausfließen. Der von aussen dagegen wirkende Druck der Luft verhindert dieses. Da man diese Oeffnung sowohl unten, als an der Seite des Fasses anbringen kann, so folgt auch daraus, daß der Luftdruck sowohl von unten nach oben, als auch nach der Seite hinwirkt. Wird aber ein solches Faß z. B. unten und oben zugleich angebohrt, so fließet das Wasser aus der untern Oeffnung, weil die Luft nun auch von oben frey einwirken kann.

III. In dem bis MN (Fig. 32.) mit Wasser angefüllten Gefäße MRN sey die Glasglocke A durchaus eingetaucht und mit Wasser gefüllt. Erhebt man dieselbe mittelst des Knopfes C über die Wasserfläche MN; so, daß ihr unterer Rand, in der Lage von B sich noch in dem Wasser befindet, so wird dieses Wasser nicht heruntersinken, sondern die ganze Glocke wird damit angefüllt bleiben. Man sieht leicht, daß auch davon der Druck der äussern Luft die Ursache ist. Nach dem Obigen dürfte dieses Gefäß eine Höhe von etwa 32 Fuß haben. Ueber-

schritte es diese Höhe, so würde der Versuch mit Wasser dem Torricellischen Versuche mit Quecksilber ähnlich seyn, der aber, wegen der in dem Wasser enthaltenen Luft, nicht bequem angestellt werden kann.

IV. Noch kann hier die Erscheinung der sogenannten magischen Kanne erwähnt werden. Eine gewöhnliche, mit einem Ausgusse versehene Kanne ist im Innern durch zwey auf ihrer Grundfläche senkrecht stehende Querwände in drey Abtheilungen getheilt, deren jede mit dem Ausgusse und mit der an ihr angebrachten Handhabe, welche zum Theil hohl ist, in Verbindung steht. Wird nun, nach weggenommenem Deckel, in die eine Abtheilung Wasser, in die zweyte Bier und in die dritte Wein gefüllt, die Kanne vermittelst des Deckels luftdicht geschlossen und in dem obern Theile der Handhabe eine Reihe von drey kleinen Oeffnungen angebracht, deren jede mit einer dieser Abtheilungen communicirt, und welche entweder alle, oder einzeln mit dem Daumen fest verschlossen werden können, so ist das Gefäß gehörig zugerichtet. Soll nun bey der schiefen Neigung der Kanne nichts aus der Oeffnung hervorfließen, so werden die drey kleinen Oeffnungen mit dem Daumen verschlossen. Soll allein Wasser ausfließen, so wird jene Oeffnung nicht verschlossen, welche zum Wasserbehälter führt, die zwey andern aber werden mit dem Daumen bedeckt. Hieraus sieht man, daß jede Flüssigkeit einzeln, auch irgend zwey oder alle drey

zusammen, so wie auch keine von ihnen aus der Mündung herabfließen kann.

§. 116.

Erscheinungen des Zughebers.

I. Eine rechtwinkelig gebogene Röhre ABC (Fig. 33.) von nicht allzuweiter Oeffnung, deren einer Schenkel BC bedeutend länger ist, als der andere BA, wird Zugheber genennt. Die gewöhnlichste Erscheinung desselben ist folgende: Wenn er durchaus mit Wasser angefüllt, an den Oeffnungen A und C verschlossen, mit dem kürzern Schenkel BA in das bis MO mit Wasser gefüllte Gefäß MRO eingetaucht, der längere Schenkel BC in eine solche Lage gebracht wird, daß C unter der Wasserfläche MO liegt, so fließt das Wasser, wenn man die Oeffnungen bey C und A wirklich öffnet; bey C hervor, und dieses Ausfließen währt so lange, als sich die Oeffnung A noch im Wasser befindet. Hierdurch dient dieser Heber sehr bequem, um einen liquiden Körper aus einem Gefäße in ein anderes über zu leiten.

II. Um den Grund dieser Erscheinung zu übersehen, verlängere man die Linie MO bis E, ziehe durch C die Linie CD mit EM gleichlaufend und durch B die auf beyden senkrecht stehende BD. Das Wasser, welches in dem Schenkel BF ist, hat eine Kraft, auf F zu drücken, welche der Fläche F multiplicirt mit der Maase der Linie BO entspricht. Desgleichen hat das Wasser in dem Schenkel BC einen

Druck auf C, welcher der Oeffnung C multiplicirt mit dem Maase von BD entspricht. Da nun BD größer als BO ist, so hat das Wasser bey C ein Streben mit größerer Kraft auszufließen, als bey F. Daher beginnt dieser Ausfluß wirklich bey C. Sollte nun das Wasser aus BF in das Gefäß zurückfließen, so entstände im obern Theile des Hebers ein luftleerer Raum, welches aber deshalb nicht möglich ist, weil die äussere Luft auf die Fläche MO den bekannten Druck äussert und das Wasser immer von neuem von F nach B in die Höhe treibt. Hieraus sieht man, daß die Wirkung des Hebers zum Theile aus dem Streben des Wassers, bey C auszufließen, zum Theil aus dem Streben der Luft, das Wasser von F bis B zu erheben, hervorgeht. Uebrigens ist aus dem Vorhergehenden klar, daß der Punct B höchstens 32 Fuß über der Oberfläche MO liegen dürfe, oder daß BO weniger, als 32 Fuß betragen müße, da die Luft das Wasser höchstens auf diese Höhe empor heben kann.

III. Denkt man sich den äussern Schenkel bey E abgeschnitten, wodurch die Oeffnung E in der waagrechten Linie MOE liegt, so wird bey E kein Ausfluß Statt finden, da die Wassermasse BE das nämliche Streben hat, bey E auszufließen, als die Wassermasse BF besitzt, um bey F auszufließen. Daher bleibt der Heber ABE durchaus mit Wasser angefüllt. Wäre der äussere Schenkel bey H abgeschnitten; so, daß H über der waagrechten Linie ME läge, so würde das Wasser in dem angefüllten

Heber FBH bey F in das Gefäß zurückfließen und die äussere Luft das in HB enthaltene Wasser von H nach B erheben, wo denn dasselbe ebenfalls von B nach F zurückfließen müßte.

IV. Hieraus folgt, daß das Wasser nur dann aus dem äussern Schenkel fließen kann, wenn derselbe mit seiner Oeffnung tiefer liegt, als die Oberfläche des flüssigen Körpers, welcher durch ihn bewegt werden soll. Hierzu ist nicht gerade nothwendig, daß der äussere Schenkel länger, als der im Gefäß eingetauchte sey; doch ist dieses bequemer. Auch sieht man, daß der längere äussere Schenkel in eine solche Lage gebracht werden kann, daß das Wasser entweder aus ihm gar nicht ausfließet, oder daß es sogar wieder in das Gefäß zurückfließet.

V. Die Geschwindigkeit, womit das Wasser aus dem äussern Schenkel herausfließet, hängt davon ab, ob derselbe mehr oder weniger schief geneigt ist. Je größer der Winkel x ist, d. h. je näher derselbe dem rechten Winkel kömmt, desto schneller, je kleiner dagegen x ist, desto langsamer geschieht der Ausfluß bey C. Denkt man sich demnach die gläserne Heberröhre anm (Fig. 34.) deren Schenkel nm senkrecht auf dem Horizonte steht, so wird das Wasser bey m am Schnellsten ausfließen.

VI. Wenn man die volle Heberröhre EHF (Fig. 35.) mit ihren Oeffnungen E und F in zwey Gefäße A und B eintaucht, worin das Wasser in derselben Horizontalfläche CD liegt, so wird weder bey E noch bey F ein Ausfluß Statt finden, weil

das Wasser in beyden Schenkeln gleich hoch steht. Wird aber das Gefäß A etwas in die Höhe gehoben, so fängt der Heber bey F zu fließen an, und fließet so lange, bis das Wasser in beyden Gefäßen in einerley Horizontal-Ebene liegt. Bewegt man das Gefäß A nach unten, so fließet der Heber aus gleichen Gründen bey E; so, daß dieser Versuch zur Erläuterung des Vorhergehenden dienet.

VII. Hierher gehört auch der sogenannte Vexierbecher. In dem kelchförmigen Gefäße bdhe (Fig. 36.) befindet sich eine enge Heberröhre anmo, deren eine Mündung a am Boden dh, die andere aber bey o weit tiefer unter ihm angebracht ist. Gießt man nun Wasser in dieses Gefäß, so wird dasselbe eben so hoch in dem Schenkel an aufsteigen, als es im ganzen Gefäße steht. Sobald es aber die Höhe bc erreicht, und somit den ganzen Schenkel an angefüllt hat, so fließt es auch im Schenkel nmo herab. Da nun anmo einen Heber bildet, so wird das sämmtliche in dem Kelche enthaltene Wasser bey o ausfließen. Wenn die Heberröhre anm z. B. mit einer Blechröhre, welche nur bey a offen ist, bedeckt wird, so ist diese Erscheinung Jenen auffallend, welche den versteckten Heber nicht sehen.

§. 117.

Einrichtung des Barometers.

I. Der Torricellische Versuch gab die Veranlassung zur Einrichtung eines Werkzeugs, welches den Naturforschern von großer Wichtigkeit ist. Es heißt

Barometer (Baroscop, Luftdruckmesser.) Man fand nämlich, daß die Höhe der Quecksilbersäule in der Torricellischen Röhre sehr veränderlich war, indem sich dieselbe bald bedeutend vergrößerte, bald wieder verminderte. Von der Veränderlichkeit der Wirkung kann man auf die Veränderlichkeit der Ursache schließen. Daher ist der Luftdruck eine veränderliche Größe. Um denselben in seiner Veränderlichkeit zu erforschen, dient das Barometer, welches durch den Torricellischen Versuch eigentlich schon vorhanden, jedoch nicht bequem zum Anstellen der Beobachtungen eingerichtet war.

II. Man suchte daher die Einrichtung der Torricellischen Röhre dadurch zu verbessern, daß man sie (Fig. 37.) bey d umbog und in e mit einem weitern kugelförmigen Gefäße g e f versah, welches bey n eine enge Oeffnung hatte. Stand nun z. B. das Quecksilber in fg, und im engen Schenkel bey b, so war bc die Höhe der Quecksilbersäule, welche das Maas des Luftdrucks darstellte. Da sich bey einem unbedeutenden Steigen oder Fallen des Quecksilbers bey b die Quecksilberfläche g f im weiten Gefäße nur sehr wenig ändert, so nahm man diese Fläche g f als unveränderliches Niveau an, auf welches sodann die Höhe der Quecksilbersäule bezogen wurde. Man sieht aber, daß die, auf solche Art gefundenen Resultate nicht den höchsten Grad von Genauigkeit haben können.

III. Daher hat de Luc das sogenannte Heberbarometer vorgeschlagen. Es besteht aus

zwey gleich weiten, parallelen, genau calibrirten Schenkeln fa und fn (Fig. 38.) von Glas, deren einer bey n offen und kürzer, der andere aber bey a geschlossen und länger ist. Wenn nun das Quecksilber im kürzern Schenkel bey g, im längern bey b steht, so wird die Höhe der dem Luftdrucke correspondirenden Quecksilbersäule gefunden, wenn man durch g die waagrechte Linie gd zieht und bd mißt. Nimmt man nun zwischen b und d den Punct c, durch welchen man die Horizontallinie ch legt, und denkt sich, der Luftdruck würde so vermindert, daß sich die ihn darstellende Quecksilbersäule gerade um einen Zoll verkürzen müßte, so ist ist klar, daß das Quecksilber von b nach c um einen halben Zoll sinken, von g nach h aber um einen halben Zoll steigen müßte, wodurch jede der neuen Quecksilberflächen dem horizontalen Mittel ch um einen halben Zoll näher gerückt ist; so, daß dieses Näherrücken im Ganzen einen Zoll beträgt. Daher ist klar, daß man von c die Quecksilbersäule gegen b, von h aber jene gegen g genau zu messen und zu addiren habe, um die Länge der Quecksilbersäule zu finden, welche das Maas des gegenwärtigen Luftdrucks ist.

§. 118.

Erforderniße zu guten Barometern.

1. Gut eingerichtete Barometer setzen zuerst eine gehörige Beschaffenheit der gläsernen Heberröhre voraus. Ihre Schenkel müßen durchaus cylindrisch,

gleichweit, gehörig calibrirt, parallel gerichtet und weder zu weit noch zu eng seyn. Auch dürfen sie in dem Innern weder Feuchtigkeit, noch Rauhheiten oder irgend eine Unreinigkeit haben.

II. Das Quecksilber, womit sie gefüllt werden, muß rein, d. h. frey von andern metallischen Beymischungen z. B. von Zinn oder Bley seyn. Auch muß man ihm, durch gehörige Erwärmung, die atmosphärische Luft rauben, welche es zwischen seinen Theilchen enthält, weil diese störend auf den Gebrauch des Instrumentes einwirkt.

III. Die Torricellische Leere muß ein wirkliches Vacuum seyn. Denn, wenn etwas Luft in diesem Raume ist, so wird sie dem Steigen des Quecksilbers hinderlich, dem Fallen dagegen förderlich wirken. Auch wirkt die Wärme auf sie ein und vermehrt diesen störenden Einfluß. Um sich von der Reinheit dieser Leere zu überzeugen, neige man das Barometer afn allmählig zur Linken, wodurch das Quecksilber von b immer mehr gegen a steigen wird. Erfüllt es nun diesen Raum ba vollkommen; so, daß bey a auch nicht das kleinste Luftbläschen erscheint, so ist in ba keine Luft enthalten.

IV. Die weitere Einrichtung betrifft die Scala. Man trägt nämlich vom Puncte c gegen b und d die Zolle, Linien und Zehntheile von Linien mit gehöriger Genauigkeit auf, um sodann durch die Addition der beyden Längen cb und hg die wahre Höhe der Quecksilbersäule in diesen Maasen zu erhalten.

V. Was die richtige Beobachtung bey b und g betrifft, so muß man sich erinnern, daß das Quecksilber in engen Glasröhren mit einer bedeutenden Convexität erscheint. Man muß daher von dem höchsten Puncte dieser Convexität die Linie bis zur Scale in Gedanken so visiren, daß das Auge weder von unten nach oben, noch von oben nach unten darauf hinsieht; weil im ersten Falle die beobachtete Höhe zu groß, im letztern aber zu klein ausfallen würde. Das Auge des Beobachters soll sich daher mit dem höchsten Puncte der Quecksilber-Wölbung in gleicher Horizontal-Fläche befinden.

VI. Die Wärme, welche auf alle Körper einwirkt, äussert auch auf das Quecksilber im Barometer ihre ausdehnende Kraft, und bewirkt hierdurch eine kleine Veränderlichkeit in der Länge der Quecksilbersäule, welche, für genauere Resultate, einer Correction bedarf. Nach Versuchen der bewährtesten Naturforscher beträgt die Ausdehnung einer Quecksilbersäule vom Eispuncte bis zur Siedhitze des Wassers 5, 6 Linien. Da man nun für die Normaltemperatur bey Barometer-Beobachtungen meist die Wärme von 10° nach dem Reaumür'schen Thermometer annimmt, so kann für jeden andern Thermometerstand der Einfluß der Wärme auf die vermehrte Ausdehnung der Quecksilbersäule im Barometer durch die gewöhnliche Regel de Tri gefunden werden. Auch kann man diesen Einfluß von Viertel zu Viertel Graden im Voraus berechnen und gehörig in Anschlag bringen.

§. 119.

Barometer als Höhenmesser und als Wetterglas.

I. Eine der schönsten Anwendungen, welche man von dem Barometer gemacht hat, ist die Bestimmung der Gebirgshöhen über der Fläche des Meeres. Wenn man nämlich den Stand des Barometers am Fuße eines hohen Berges bemerkt, allmählig höher emporsteigt, und in diesen Stationen den Stand der Quecksilbersäule abermals beobachtet, so wird sich dieselbe allmählig verkürzen und auf der Spitze des Berges wird sie, wenn derselbe eine bedeutende Höhe hat, weit weniger als im Thale betragen. Da nämlich die Luftsäule, welche das Barometer auf dem Berge afficirt, weit kürzer (um die senkrechte Höhe des Berges) ist, als jene in der Tiefe, so muß auch ihr Druck weit geringer seyn. Gesetzt nun, man erhebt sich vom Fuße des Berges allmählig so hoch, bis die Quecksilbersäule immer um eine Linie verkürzt wird, und mißt die senkrechten Höhen, welche dieses tiefere Sinken veranlassen, so könnte man eine Scala verfertigen, welche, für einen gegebenen Stand des Barometers, zugleich auch die Höhe angäbe, auf welcher man sich über der Fläche des Meeres befindet. Es ist klar, daß die Höhen nicht in demselben Verhältnisse zunehmen werden, als die Quecksilbersäule abnimmt, da die atmosphärische Luft nicht (wie das Wasser) blos schwer, sondern auch sehr compressibel ist; so, daß, wenn das Queck-

silber auf der Höhe eines Berges vierzehn Zolle beträgt, der Schluß gelten könnte, die Höhe des Berges sey der halben Höhe der Atmosphäre gleich. Die weitere Ausführung dieses Höhenmessens in den Vorlesungen.

II. Der Hauptsatz, worauf dieses Höhenmessen mit dem Barometer beruht, ist dieser: die Quecksilberhöhen im Barometer, welche dem jedesmaligen Luftdrucke proportional sind, nehmen in geometrischer Progression ab, wenn die Höhen der Standorte von unten nach oben in arithmetischer Progression zunehmen. Die Barometerhöhe sey an der Erdfläche 28 Zolle, oder 336 Linien; man müße 78 Fuß in die Höhe steigen, damit diese Quecksilbersäule um eine Linie falle, oder 335 Linien betragen: so wird für jede folgende Höhe von 78 Fuß die Quecksilbersäule nach dem Verhältnisse von 336 : 335 abnehmen. Folgende Tabelle erläutert dieses.

Höhe des Standortes.				Barometerhöhe.	
An der Meeresfläche			—	336,0	Lin.
Auf der Höhe von	780	Fuß	—	326,1	—
	1560	—	—	316,5	—
	2340	—	—	307,3	—
	3120	—	—	298,2	—
	3900	—	—	289,5	—
	4680	—	—	281,0	—
	5460	—	—	272,7	—
	6240	—	—	264,7	—
	7020	—	—	256,9	—

Auf der Höhe von	7800	Fuß	—	249,4 Lin.
	8580	—	—	242,1 —
	9360	—	—	235,0 —

u. s. w.

Durch geometrische Messung hat man die Höhe von Quito über der Meeresfläche zu 8796 Par. Fuß gefunden, welche, nach vorstehender Tafel berechnet, 8697 Fuß seyn würde. Nähme man anstatt 78 Fuß eine andere Höhe, so müßte man die Höhen der Standorte nach diesem Verhältnisse verändern.

III. Wenn man nach vorhergehender Tabelle so weit fortschreitet, daß die Barometerhöhe nur eine Linie betrüge, so gehörte dazu eine Höhe von 152224 Fuß, welche beynahe 6 1/2 deutsche Meilen beträgt. Ob aber das Gesetz der abnehmenden Federkraft der Luft bis zu einem so unbedeutenden Drucke Statt finde, ist eine noch unentschiedene Frage.

IV. Barometer, welche so bequem eingerichtet sind, daß man die Quecksilbersäule in ihnen sperren und das ganze Instrument in dem Innern eines hohlen Stockes bequem transportiren kann, nennt man Reise-Barometer. Man hat ihnen mancherley zweckmäßige Einrichtungen gegeben.

V. Gleichwie das Barometer dem Naturforscher als Luftschweremesser dienet, so kennt man es im gemeinen Leben als Wetterglas. Die Erfahrung hat nämlich gelehrt, daß mit einem sehr hohen oder sehr niedern Stande; mit einem plötzlichen

Steigen oder Fallen des Quecksilbers in der Barometerröhre meist auch eine Veränderung des Wetters in Verbindung steht. Wenn z. B. bey eintretendem Nord-, Ost- oder Nordost-Winde sich der Himmel erheitert und das Barometer allmählig einen höhern Stand des Quecksilbers zeigt, so pflegt das heitere Wetter von längerer Dauer zu seyn. Wenn aber umgekehrt bey Süd-, West- oder Südwest-Wind sich Regen einstellt, und die Quecksilbersäule bedeutend herabsinkt, so pflegt die nasse Witterung einige Zeit anzuhalten. Ein plötzliches, bedeutendes Fallen des Quecksilbers ist gewöhnlich der Vorbote von mehr oder weniger heftigen Winden u. s. w. Obgleich nun diese Vorhersagungen häufig zutreffen, so ist das Barometer noch sehr weit entfernt, ein untrüglicher Wetterprophet zu seyn; da z. B. ein niedriger Quecksilberstand oft mit heiterm, und ein hoher mit anhaltendem Regenwetter verbunden ist. Der Grund dieser Trüglichkeit liegt wohl darin, weil die Bildung des Wetters nicht blos von dem verschiedenen Drucke der Luft, sondern offenbar auch von andern Einflüssen z. B. von Electricität, Entstehung und Zersetzung der Dämpfe u. dgl. abhängig ist.

§. 120.

Künsteleyen an Barometern.

Das Barometer erhielt sich nicht in seiner ursprünglichen Einfachheit, sondern wurde, wie es überhaupt allen wichtigen neu erfundenen Werk-

zeugen ergeht, auf mancherley Weise umgestaltet. Hierher gehört z. B. die Einrichtung des Doppelbarometers von Huygens, Hook, und De la Hire; ferner Hook's Radbarometer, Morland's schiefliegendes Barometer; Bernouilli's rechtwinkeliges Barometer, und mehrere andere, von welchen die Erfahrung gelehrt hat, daß ihr Werth dem Heberbarometer offenbar nachsteht. Mehreres davon in den Vorlesungen.

§. 121.

Maas der Expansivkraft einer eingesperrten Luftmasse.

I. Es sey (Fig. 37.) adefn ein gewöhnliches Kapselbarometer, worin die Quecksilbersäule bc der durch die Oeffnung n einwirkenden Luftsäule das Gleichgewicht hält. Ist nun die Vorrichtung so getroffen, daß diese Oeffnung n durch einen luftdicht eingeriebenen Glasstopfen vollkommen geschlossen werden kann, und man verschließt sie wirklich, so wird die in dem Raume gnf enthaltene Luft von der äussern durchaus abgeschnitten. Da nun die Erfahrung lehrt, daß die Quecksilbersäule bc ihre vorige Höhe behält, und ebenso in der Oberfläche gf durchaus keine Veränderung Statt findet, so muß die in der Kapsel eingeschlossene unbedeutende Masse der atmosphärischen Luft nunmehr das Nämliche bewirken, was vorhin, bey unverstopfter Oeffnung n, die ganze Druckkraft der äussern Luft hervorbrachte. Daher ist durch diesen Versuch der wichtige Satz

bewiesen: die Expansivkraft der in der Kapsel eingesperrten atmosphärischen Luft ist, obwohl ihre Masse nicht viel beträgt, der Druckkraft der atmosphärischen Luft von aussen gleich. Dem zufolge dient auch die Quecksilbersäule bc zum Maase der Expansivkraft dieser eingesperrten Luftmasse und die Quecksilbersäule des Barometers bestimmt nicht nur die jedesmalige Druckkraft der atmosphärischen Luft, sondern sie ist auch das Maas ihrer Expansivkraft.

II. So wie diesen Satz die Erfahrung sicher stellt, so ist derselbe auch aus den beyden Haupteigenschaften der Luft: Schwerkraft und Expansivkraft erklärlich. Da nämlich die Luft an der Erdfläche den Druck aller auf ihr lastenden höheren Luftschichten zu tragen hat und zugleich compressibel ist, so muß sie auf einen Grad comprimirt werden, welcher dieser Druckkraft proportional ist, und in diesem zusammengepreßten Zustande ist ihr Streben, sich auszubreiten, ebenfalls diesem Drucke verhältnißmäßig. Da die obern Luftschichten dünner, als die untern sind, so ist das Verhällniß dieser zunehmenden Verdünnung dem Verhältnisse der in diesen verschiedenen Höhen Statt habenden Druckkraft entsprechend. Für die Erscheinungen der Expansivkraft der Luft kömmt es daher nicht auf ihre Menge, sondern auf den Grad ihrer Zusammenpressung an, und eine verhältnißmäßig kleine Luftmasse kann, nach dem Grade ihrer Compression, bedeutenden Widerstand leisten.

§. 122.

Anwendungen davon.

I. Aus diesem Gesetze der Expansivkraft der Luft gehen viele, höchst interessante Anwendungen hervor. Nachfolgende mögen zur Erläuterung dienen. Eine mit gewöhnlicher Luft angeschwellte, fest zugebundene, ganz dünne Blase, deren Oberfläche z. B. einen Quadratfuß betragen soll, wird von dem Drucke der äussern Luft, welcher hier mehr als 2200 Pfunde beträgt, nicht zusammengedrückt. Die innere Luft, welche mit der äussern den nämlichen Grad von Dichte hat, besitzt eine Expansivkraft, die dem Drucke der äussern Luft vollkommen gleich ist, und ihn daher durchaus aufhebt.

II. Wenn eine vierkantige, sehr dünne, luftdicht verschlossene Glasflasche der Luft ausgesetzt ist, so zerbricht sie nicht, obgleich ihre dünne Wände von einer bedeutenden Kraft gedrückt werden. Der Gegendruck der innern Luft hebt diesen äussern Luftdruck auf.

III. Da die Oberfläche des menschlichen Körpers, nach seiner gewöhnlichen Ausbildung, etwa 15 Quadratfuß beträgt, so äussert die Luft einen ungeheuren Druck auf dieselbe. Dieser Druck bringt keine gewaltsame Zerstörung hervor, weil sich auch in dem Innern des Körpers überall Luft befindet, deren Gegenwirkung den äussern Luftdruck aufhebt. Dieses Gleichgewicht aber kann gestört werden, wenn der Mensch z. B. eine sehr bedeutende Höhe über

der Erdfläche, entweder durch das Auffliegen mit dem Luftschiffe, oder durch das Besteigen eines hohen Berges erreicht. Hier tritt gewöhnlich Nasenbluten, auch das Bluten aus Ohren und Augen ein, indem die eingesperrte Luft durch ihre verhältnißmäßig erhöhte Expansivkraft die feinen Blutgefäße dieser Organe zersprengt.

IV. Wenn eine Flasche an der Oberfläche der Erde mit Luft gefüllt, vollkommen genau verstopft, auf einen bedeutend hohen Berg gebracht, und dort geöffnet wird, so bricht die eingesperrte Luft mit Gewalt hervor, um sich mit der äussern dünnern und deshalb weniger expansiblen Luft ins Gleichgewicht zu setzen. Wird sie nun hier wiederum luftdicht verstopft, in die Tiefe zurückgebracht, und jetzt abermals geöffnet, so strömt die äussere Luft mit hörbarem Geräusche zum Theil in sie hinein. Diese Erscheinungen und viele andere werden bald durch Hülfe der Luftpumpe dargestellt und erweitert werden können.

§. 123.

Das Mariottische Gesetz.

I. Das Gesetz, nach welchem sich die Expansivkraft der Luft, in Bezug auf den Grad ihrer Zusammenpressung richtet, hat zuerst Mariotte entdeckt. Es sey (Fig. 39.) AB die Torricellische Röhre, und CB die gegenwärtige Höhe der Quecksilbersäule. Wenn man nun von der äussern Luft

einen Antheil, welcher den Raum AD einnimmt, durch die Oeffnung F in die Röhre treten läßt, so wird das Quecksilber nicht blos von C nach D herabsinken, sondern einen tiefern Stand annehmen und etwa bis E heruntersinken; so, daß EB der Höhe der Quecksilbersäule gleich ist. Da sich nun in dem Raume AE dünnere Luft, als die äussere ist, befindet, so wird dieselbe durch ihre Expansivkraft auch auf die Quecksilbersäule EB einwirken und der Druck auf B ist der Summe aus der Expansivkraft der Luft in AE und aus dem Drucke der Quecksilbersäule EB gleich. Da nun das Maas dieses Gesammtdruckes auch durch die Quecksilbersäule CB gemessen wird, welche aus den Theilen CE und EB besteht, so ist das Maas der Expansivkraft der in AE enthaltenen verdünnten Luft dem Drucke der Quecksilbersäule AE gleich. Durch genaue Messung findet man nun, daß AD: AE = CE:CB ist. Da nun AD der Raum der äussern, AE aber jener der verdünnten Luft, CE das Maas der Spannkraft dieser verdünnten Luft und CB jenes der Expansivkraft der äussern Luft ist, so hat man für eine dünnere Luft, als die äussere ist, den Satz bewiesen, daß sich die Expansivkraft dieser Lufträume umgekehrt, wie die Kräfte verhalten, welche die Luftmassen in jene Räume comprimirt haben.

II. Da es schwierig ist, eine Luftmasse vom Raume AD in die Röhre BA treten und darin aufsteigen zu lassen, so kann die Röhre AB zuerst nur so weit mit Quecksilber angefüllt werden, daß sich

in der Größe des Raumes AD Luft befindet. Kehrt man dieselbe nun um und taucht sie bis B in NM, so tritt diese Luft in den obern Raum AD und bewirkt die Verkürzung der Quecksilbersäule, wenn man die Mündung F verschlossen, die Röhre gehörig in MN eingetaucht und dann wieder geöffnet hat.

III. Es sey (Fig. 40.) ponm eine communicirende Röhre, deren längerer Schenkel bey p offen und deren kurzer Schenkel bey m so eingerichtet ist, daß er nach Belieben geöffnet und geschlossen werden kann. Die zwey Oeffnungen seyen unverstopft, man bringe eine kleine Menge Quecksilber durch m in die Röhre, welches darin die Horizontalfläche on bildet. Nun werde die Oeffnung m luftdicht verstopft, und durch p Quecksilber nachgegossen, so wird dasselbe von n gegen m aufsteigen, die Luft in nm zusammenpressen und z. B. in z stehen, wenn es in dem längern Schenkel sich auf dem Puncte x befindet. Die Expansivkraft der in dem Raume nm enthaltenen Luft ist durch das Maas der jedesmaligen Barometerhöhe bestimmt, die Expansivkraft der comprimirten Luft in mz aber ist jener Barometerhöhe nebst der Quecksilbersäule xf proportional. Wenn man nun die Räume mz und mn, die gegenwärtige Barometerhöhe und xf mißt, so findet man die Proportion:

$$mz : mn = \text{Bar. H.} : \text{Bar. H.} + xf,$$

wodurch abermal bewiesen ist, daß sich die Räume, worin die verdichtete und unverdichtete Luft ent-

halten ist, umgekehrt wie die Kräfte verhalten, welche nöthig waren, um sie in jene Räume zu comprimiren.

IV. Directe Versuche haben gelehrt, daß dieses Gesetz bey der vierfachen Verdichtung der Luft, und auch noch bey der achtfachen gültig sey. Ob es aber für weit höhere Grade von Verdichtungen gelte, ist unbekannt. Die Frage bleibt nämlich diese, ob bey sehr hohen Graden der Compression die physische Beschaffenheit der Luft selbst keine Veränderung erleidet; so, daß z. B. bey einem ungeheuren Grade von Zusammenpressung eine chemische Zersetzung der atmosphärischen Luft (wie z. B. bey geringerem Drucke jene der Dämpfe) Statt finden möge. Bliebe das Mariottische Gesetz für jede Verdichtung gültig, und man dächte sich eine senkrechte Schlucht in das Innere der Erde, so würde die darin enthaltene Luft die Dichtheit des Goldes erreichen, ehe sie noch auf den ein hundert sechzigsten Theil des Erddurchmessers eingedrungen wäre.

V. Aus dem Bisherigen folgt, daß die Expansivkraft der Luft im geraden Verhältnisse ihrer Verdichtung und der sie comprimirenden Kräfte zunehme. Die Luft hat daher das naturgemäße Streben, sich in Bezug auf ihre Expansivkraft ins Gleichgewicht zu stellen. Kömmt nämlich eine dichtere Luftmasse mit einer dünnern in Berührung, so wird jene gegen diese sich hinbewegen und beyde werden sich in einem mittlern Grade von Dichtheit und Spannkraft gleich stellen.

§. 124.

Anwendungen davon.

I. Von den unzählig vielerley Anwendungen dieser Gesetze werden hier folgende angeführt. Das sogenannte Saugen mit dem Munde beym Trinken, Tabackrauchen, u. s. f. ist nichts anders, als die Folge eines gestörten Gleichgewichtes der Expansivkraft der Luft. Indem man z. B. die enge Glasröhre mit ihrer untern Mündung in das Wasser taucht, mit der obern in den Mund nimmt und durch den Mechanismus des Saugens die Brusthöhle erweitert, so entsteht hierdurch in dem Innern des Mundes ein verdünnter Luftraum; eben so, wie in dem Innern der Glasröhre. Da nun die äussere Luft mit ungeschwächter Spannkraft auf das Wasser drückt, so hebt sie dasselbe in der Röhre empor und führt es dem Munde zu.

II. Selbst der Mechanismus des Einathmens beruht auf diesem gestörten Gleichgewichte der Luft. Denn indem man, willkührlich oder unwillkührlich, die Brusthöhle erweitert, so wird die Luft in der Höhle des Mundes verdünnt, und durch die nun erhöhte Expansivkraft der äussern Luft strömt dieselbe durch Mund und Nase in das Innere, und durch die Luftröhre in die Lungen, wo sie zum Theil eine chemische Zersetzung erleidet, und sodann wieder, durch die entgegengesetzte Bewegung ausgestoßen wird. Der Mensch athmet gewöhnlich 18 bis 19mal in einer Minute und saugt

hierdurch jedesmal ungefähr 16 — 17 Cubiczolle Luft ein.

III. Auch beruht das gewöhnliche Anfüllen des Zughebers, durch das sogenannte Saugen an der Oeffnung des äussern Schenkels, hierauf. Der Heber füllt sich auf diese Art durchaus mit dem liquiden Körper an. Das ununterbrochene Ausfließen aber beruhet zum Theil auf Gründen der Hydrostatik, zum Theil auf jenen der Aerometrie.

IV. Desgleichen gehört der Blasebalg hierher. Er besteht aus zwey Brettern, welche vermittelst eines in Falten gelegten, luftdicht anschließenden Leders charnierartig auf und zu bewegt werden können. In der Mitte des untern Bretts befindet sich eine Oeffnung. Sie ist mit einer Klappe bedeckt, welche sich nach Innen öffnet, und nach Aussen verschließt. An dem einen Ende sind zwey Handgriffe, am andern ist eine enge Röhre angebracht. Werden die beyden Bretter vermittelst der Handgriffe von einander entfernt, so entsteht im Innern ein verdünnter Luftraum und die äussere Luft dringt sowohl durch die geöffnete Klappe, als auch durch die enge Röhre in das Innere ein und erfüllt dasselbe. Werden nun die beyden Bretter gegen einander bewegt, so wird die innere Luft zusammengepreßt, die Klappe schließt sich und die Luft wird genöthigt, durch die enge Röhre um so schneller hervorzuströmen, je größer die Kraft ist, womit der Blasebalg zusammengedrückt wird. Hierdurch dient auch dieses bekannte Werkzeug zur Er-

läuterung der physischen Eigenschaften der atmosphärischen Luft.

V. Hier verdient noch eine besondere Erscheinung des **Stechhebers** angeführt und erklärt zu werden. Der Stechheber AB (Fig. 31.) sey bis zur Höhe DE in ein Gefäß mit Wasser eingetaucht, die Mündung A werde luftdicht geschlossen und das Instrument ganz aus dem Wasser empor gehoben. Der Versuch lehrt hier, daß anfangs bey B etwas weniges Wasser hervorfließt. Sehr bald aber hört dieses auf und die Wassermasse zwischen DE und B bleibt in Ruhe. Dieses **anfängliche** Ausfließen wird aus der kleinen Menge von Luft erklärlich, welche zwischen DE und A enthalten ist. Da diese Luft von der Dichtheit der äussern ist, so wirkt sie vermöge ihrer Expansivkraft auf die Wasserfläche DE mit einer Kraft, welche dem Drucke dieser äussern Luft gleich ist. Das Wasser beginnt also aus B auszufließen, wodurch aber die zwischen A und DE enthaltene Luft verdünnt wird. Der Ausfluß aus B muß so lange Statt haben, bis die Expansivkraft der zwischen A und DE befindlichen verdünnten Luft, nebst dem Gewichte der zwischen DE und B enthaltenen Wassecsäule, dem Drucke der äussern Luft gleich ist. Wenn zwischen dieser Kraft und Gegenkraft Gleichgewicht Statt findet, so hört das Ausfließen des Wassers aus B auf.

VI. Auch gehört hierher die Wirkung des sogenannten **unterbrochenen** Hebers. Es sey

(Fig. 40, A) a ein hohles mit Luft angefülltes, viereckiges Gefäß, in b befindet sich die Röhre bc, welche mit ihrer untern Oeffnung c in das bis hf mit Wasser angefüllte Gefäß hqf reicht, luftdicht befestigt. Gegenüber ist eine ähnliche Röhre de angebracht, deren untere Mündung e luftdicht in das ebenfalls viereckige Gefäß fg einpaßt. Dieses Gefäß hat bey t eine kegelförmige Oeffnung, welche man nach Belieben luftdicht mit einem Stopfen verschließen kann, und bey n befindet sich eine luftdicht befestigte in v mit einem Hahne versehene Röhre nm. Wird nun das Gefäß fg durch die Oeffnung t, bey verschlossenem Hahne v durchaus mit Wasser angefüllt, hierauf diese Oeffnung verschlossen, der Hahn v aber geöffnet, so fließet das Wasser aus der Röhre nm bey m hervor. Da nun hierdurch in dem Gefäße fg ein verdünnter Luftraum entsteht, so strömt die in a enthaltene Luft durch die Röhre de zum Theil dahin über, wodurch die Luft sowohl in a als auch in der Röhre br verdünnt wird. Da nun die äussere Luft mit ihrer ganzen Stärke auf die Wasserfläche hf drückt, so steigt das Wasser in der Röhre rb empor und ergießt sich in das Gefäß a so lange als das Wasser bey m hervorfließet. Da die Kraft, womit letzteres geschieht, um so größer ist, je länger die Röhre nm ist, so wird auch das Wasser durch rb in a nach gleichem Verhältnisse schneller einströmen. Da die Röhren rb, de und nm heberartig angebracht, jedoch durch

die Gefäße a und fg unterbrochen sind, so hat man dieser Vorrichtung den Namen eines unterbrochenen Hebers gegeben.

VII. Ich habe diesem Werkzeuge folgende Einrichtung gegeben, welche dazu dient, irgend eine Flüssigkeit in bestimmter Menge, z. B. den Wein aus dem Fasse, in ein Gefäß zu erheben, woraus man ihn sodann bequem abzapfen kann. Der Cylinder ab (Fig. 40. B) besteht aus zwey Behältern a und b, welche durch die schiefe Scheidewand gc getrennt sind. In a befindet sich die enge Röhre gf, welche die Luft in a mit jener in b vermittelst der Oeffnungen f und g verbindet und bey h ist eine kegelförmige Oeffnung, welche durch einen wohleinpassenden Korkstopfen luftdicht verschlossen werden kann. In dem Behälter b ist die Röhre cd so angebracht, daß ihre Mündung c mit dem Raume a communicirt; bey d ist unter einem Winkel die Röhre do mit einem bey d befindlichen Hahn angebracht. Ein gleicher Hahn t befindet sich bey v und bey m steigt die Röhre mn, in r mit einem Hahne versehen, herab. Das Ganze befindet sich auf einem Gestelle von drey Füßen und kann hierdurch über ein Gefäß (auch z. B. über die Spundöffnung des Fasses) so gestellt werden, daß sich die Oeffnung n in der Flüssigkeit befindet. Der Hahn bey d und bey t sey geschlossen, bey r offen, der Raum a werde durchaus mit Wasser gefüllt, bey h luftdicht verstopft, und nun der Hahn d geöffnet. Indem das Wasser aus o durch cdo hervorfließt, entsteht in a ein verdünnter

Luftraum, die Luft in b strömt daher durch gf zum Theil dorthin über. Daher entsteht auch in b eine verdünnte Luft, und die äussere Luft hebt die Flüssigkeit durch die Röhre nm in den Raum b empor. Wenn a durchaus wasserleer ist, so muß b mit dem liquiden Körper angefüllt seyn. Wird nun r geschlossen, h geöffnet, so kann man die Flüssigkeit in b durch den Hahn t bequem abzapfen.

VIII. Endlich gehört noch hieher der sogenannte Heronsbrunnen, dessen Wirkung ebenfalls auf dem gestörten Gleichgewichte der atmosphärischen Luft und im besondern auf einer vermehrten Druckkraft derselben beruht. Es sey (Fig. 40, C) das cylindrische Gefäß abnm durch die Scheidewand cd in zwey gleiche Theile getheilt und oben mit einem vorstehenden Rande fabg, auch mit einer Oeffnung s versehen, welche man nach Belieben schließen kann. Eine Röhre rt, welche luftdicht durch den Boden cd tritt, verbindet die äussere Luft mit der in cdnm enthaltenen; eine Röhre wv aber stellt die Verbindung der Luft in der untern und obern Abtheilung her. Durch die Mitte des obern Bodens ab tritt die Röhre ho luftdicht, welche in x mit einem Hahne, in h aber mit einer engen Oeffnung versehen ist. Nach dieser Vorrichtung gieße man den obern Raum abdc durch die Oeffnung s etwa bis pq voll Wasser und verschließe diese Oeffnung luftdicht. Füllt man hierauf die Röhre rt mit Wasser, so wird dasselbe anfangs bey t ausfließen, die in cdmn enthaltene Luft etwas verdichten und etwa

zur Höhe yz emporsteigen. Auch gieße man in die Schaale fabg etwas Wasser. Nach dieser Einrichtung ist klar, daß die in cdzy enthaltene Luft durch eine Kraft zusammengepreßt ist, welche dem Drucke des Wassers in der Röhre rt tr proportional ist. Wegen der Verbindungsröhre wv muß auch die Luft in apqb gleichmäßig verdichtet seyn und nach dem Grade ihrer erhöhten Spannkraft auf die Wasserfläche pq drücken. Wird nun der Hahn x geöffnet, so muß das Wasser durch die Oeffnung h mit eben dieser Kraft hervorgetrieben werden und somit einen kleinen Springbrunnen bilden. Da dieses Wasser wiederum in die Schaale fabg zurückfällt, so wird es von Neuem durch die Röhre rt in den untern Raum cdnm fließen und hierdurch die Luft des obern Raumes im fortgesetzten Zustande von Verdichtung erhalten. Da aber die Wasserfläche pq allmählig sinkt, die Wasserfläche yz aber allmählig steigt, so ist klar, daß die Kraft, welche das Wasser zum Springen bringt, allmählig kleiner, der Widerstand des in der Springröhre oh zu erhebenden Wassers aber allmählig größer werde, wodurch die Höhe des Wasserstrahls nothwendig vermindert wird.

§. 125.

Wirkung der Wärme auf die Expansivkraft der Luft.

I. Die Wärme, welche alle Naturkörper durchdringt und ihr Volum erweitert, wirkt auch vor-

züglich zur Erhöhung der Expansivkraft der atmosphärischen Luft; so, daß man durch erhöhte Temperatur ähnliche Erscheinungen bewirken kann mit jenen, welche aus Verdichtung der Luft hervorgehen. Folgende Anwendungen mögen diese Wirkung erläutern. Es sey (Fig. 41.) AB ein scheibenförmig gebildetes Bleystück und C eine Glocke von Bley, deren Rand auf die wohl geebnete Oberfläche jener Scheibe durch Hülfe einiger Oeltropfen, luftdicht aufgesetzt werden kann. Kehrt man die Glocke um, gießt etwas Weingeist hinein, entzündet ihn und setzt sodann, nachdem er beynahe vollkommen verbrennt ist, die Glocke mit ihrem Rande auf das Bleystück, so kann man dasselbe, nachdem alles gehörig erkaltet ist, vermittelst der Glocke in die Höhe heben. Durch die, bey dem Verbrennen des Weingeistes entstandene Wärme ist die atmosphärische Luft in der Bleyglocke sehr verdünnt worden, und nach dem Erkalten der darin zurückgebliebenen verminderten Luftmasse wird durch die Druckkraft der äussern Luft das Bleystück so fest an den Rand der Glocke gedrückt, daß es nicht herabfällt.

II. Auch gehört hierher die bekannte Wirkung der Schröpfköpfe. Nachdem z. B. am Arme die kleinen Einschnittchen gemacht worden sind, wird der Schröpfkopf, dessen innere Luft durch die Erwärmung verdünnt worden ist, luftdicht darüber gesetzt. Sobald nun die noch zurückgebliebene Luftmasse erkaltet ist, so tritt die unter der Oberhaut eingesperrte Luft mit verhältnißmäßig erhöhter Ex-

pansivkraft hervor und befördert hierdurch das Fließen des Blutes.

III. Desgleichen gehört hierher der Springbrunnen durch erwärmte Luft. Es sey (Fig. 42.) hrgf ein Gefäß von Blech, worauf sich ein anderes hstr befindet. Der gemeinsame Boden hr ist durch zwey Röhren mc und nd, welche luftdicht darin befestigt sind und mit ihren obern Oeffnungen c und d bis beynahe an st reichen, versehen. In diesem obern Boden st befindet sich eine Röhre ab, welche mit ihrer Oeffnung b sich beynahe zum Boden hr erstreckt. Auch hat diese Röhre die Vorrichtung, daß bey a ein Aufsatz mit enger Oeffnung angeschraubt werden kann. Füllt man nun durch diese Röhre ab Wasser in den Raum strh; so, daß nur noch ein kleiner Theil desselben mit Luft angefüllt ist, und bringt die Fläche fg über ein Kohlenfeuer, so dehnt sich die in hrgf enthaltene Luft durch die Wärme bedeutend aus, und äussert durch die Verbindungsröhren mc und nd auf die Luft im obern Gefäße einen sehr bedeutenden Druck. Dieser Druck theilt sich dem Wasser mit, welches in der Röhre ba mit solcher Kraft hinaufgedrückt wird, daß es zur Mündung a als feiner Wasserstrahl hervorspringt. Dieses Springen wird so lange währen, als die Spannkraft der Luft durch die Erwärmung gehörig erhalten wird und so lange sich die Oeffnung b unter dem Wasser befindet.

III. Hieraus folgt ferner, daß die wärmere

Luft in der kältern empor steigen muß, weil jene specifisch leichter ist, als diese. Wenn sich z. B die Ofenwärme der kalten Luft des Zimmers mittheilt, so werden zuerst die erwärmten Luftschichten aufwärts steigen zur Decke des Zimmers, die kältere Luft aber wird in der Tiefe gegen den Ofen hinfließen; so, daß diese Strömungen so lange fortwähren, bis eine ziemlich gleiche Temperatur der Luft im ganzen Zimmer hergestellt ist. Damit stimmt auch die bekannte Erfahrung überein, daß in einem erwärmten Zimmer die Luft an der Decke am Wärmsten, am Boden dagegen am Kältesten sey. Oeffnet man in einem erwärmten Zimmer die Thüre, wodurch die äussere Luft mit der innern in Berührung kömmt, so strömt diese zum obern Theile der geöffneten Thüre hinaus, indeß zum untern Theile ein kalter Luftstrom in das Innere tritt. Etwas ähnliches hat Statt, wenn man unter diesen Bedingungen das Fenster öffnet, wo man sowohl den warmen als den kalten Luftstrom mit der Hand fühlen kann, nachdem sie hoch oder tief an den geöffneten Fensterraum hält. Auch kann man die Grenze entdecken, an welcher sich beyde Luftströme berühren.

V. Um den Grad der Luftverdünnung durch Wärme ungefähr zu bestimmen, lasse man sich ein kolbenförmiges Gefäß von Kupfer verfertigen, an dessen Mündung sich ein Hahn befindet, welcher luftdicht geschlossen werden kann. Setzt man dasselbe, mit geöffnetem Hahne, auf ein Kohlenfeuer, so wird ein Theil der eingesperrten Luft aus dem

Innern entweichen. Verschließt man nun den Hahn, nimmt das Gefäß vom Kohlenfeuer, läßt es erkalten, taucht dessen Mündung in Wasser und öffnet nun den Hahn, so wird durch den Druck der äussern Luft das Wasser so lange hineingetrieben, bis die darin enthaltene Luft mit der äussern gleiche Dichtheit hat. Die Menge dieses Wassers bestimmt, nach dem Volume, die Menge der aus dem Gefäße entwichenen Luft. Wäget man das Wasser des durchaus angefüllten Gefäßes und sodann auch jenes, was durch die äussere Luft hineingetrieben wurde, so kann man durch dieses Verhältniß der Gewichte bestimmen, welchen Grad von Verdünnung die eingesperrte Luft durch die Erwärmung erlitten hat.

§. 126.

Die Wasserpumpen.

I. Zu den interessantesten und nützlichsten Anwendungen der seitherigen Lehren gehören die Wasserpumpen. Ihr Zweck ist, entweder das Wasser aus der Tiefe auf die Oberfläche der Erde, oder von hier auf eine bestimmte Höhe über der Erde zu erheben. Sie sind entweder Saugpumpen oder Druckpumpen. Die Saugpumpe besteht aus einem hohlen Cylinder (Fig. 43.) ab, welcher meist von Holz ist und der Stiefel genennt wird. An dem Boden dieses Stiefels befindet sich eine Oeffnung, welche mit der Klappe m geschlossen werden kann. Von dieser Oeffnung abwärts reicht eine engere Röhre cd, die Saugröhre, zur

Wasserfläche vw. Im Innern des Stiefels befindet sich ein Stempel q, welcher dicht anschließend vermittelst der Stempelstange np auf und ab bewegt werden kann. Der Stempel ist in seiner Mitte durchbohrt, und die Oeffnung mit einer Klappe n bedeckt, welche sich nach oben öffnet, nach unten schließet. Die Röhre ts nennt man, ihres Gebrauches wegen, die Ausgußröhre.

III. Wird nun nach dieser Einrichtung der Stempel qn in die Höhe bewegt, so entsteht zwischen demselben und dem Boden des Stiefels ein verdünnter Luftraum. Daher wird die Klappe n durch den Druck der äussern Luft geschlossen, die Klappe m aber durch das, vermöge des äussern Luftdruckes in der Röhre dc aufsteigende Wasser, geöffnet. Bewegt man nun den Stempel abwärts, so wird die Klappe m durch den Druck der Luft und des Wassers geschlossen, das Wasser tritt durch die Oeffnung des Stempels, öffnet die Klappe n und bedeckt sie. Bewegt man den Stempel wieder aufwärts, so ist klar, daß n geschlossen, m aber geöffnet wird, wodurch neues Wasser im Stiefel emporsteigt. Durch das Niederdrücken des Stempels tritt wieder ein Theil desselben über ihn, und man sieht, daß durch fortgesetzte Stempelbewegungen das Wasser einmal zur Höhe t gelangt, wodurch es bey s ausfließen muß.

IV. Hieraus folgt, daß der Ausfluß bey s zum Theil eine Folge vom äussern Luftdrucke, zum Theil aber auch von dem mechanischen Heben der über

den Stempel getretenen Wassermasse sey. Daher darf der höchste Abstand des Puncts q von der Wasserfläche vw die Grenze von 32 Fuß nicht übersteigen; muß vielmehr, weil der Stempel nicht vollkommen luftdicht in dem Stiefel anschließet, gewöhnlich weit kleiner seyn. Wie hoch die Ausgußröhre oberhalb des Stempels angebracht sey, ist willkührlich; aber die Pumpe wird um so schwerer zu bewegen seyn, je größer diese Entfernung ist.

V. Ferner sieht man, daß der Ausfluß bey s nur bey dem Heben des Stempels, nicht aber bey dessen Niederdrücken Statt findet. Daher wird dieser Ausfluß nicht gleichförmig, sondern unterbrochen seyn. Sollte aber das Wasser dennoch ungefähr gleichförmig ausfließen, so müßte man oberhalb ta einen weitern Behälter anbringen und die Oeffnung s gehörig verengen.

VI. Anstatt der charnierartigen Klappen bedient man sich häufig der sogenannten Kegel-Ventile, d. h. kleiner abgekürzter Kegel, welche in eine ihnen gleiche hohle Kegelfläche einpassen, durch den Druck des Wassers gehoben werden, demselben durch die entstehende Oeffnung den Durchgang gestatten und sodann wieder zurückfallen, um die Oeffnung zu verschließen. Auch befindet sich bisweilen die Boden-Klappe des Stiefels in der Wasserfläche eingetaucht.

VII. Die Druckpumpe hat im Wesentlichen folgende Einrichtung. In dem Stiefel mn (Fig. 44.) befindet sich die Boden-Klappe b und die Saugröhre gh. Im Innern des Stiefels kann ein massiver

sehr wohl anschließender Stempel rt vermittelst der Kolbenstange oa auf und ab bewegt werden. Seitwärts am Stiefel befindet sich eine Röhre gd mit einer Klappe c, welche sich gegen den Stiefel hin schließet und von ihm weg öffnet. Bey d endlich erhebt sich eine engere Röhre, die Steigröhre, an welcher bey h das Ausgußrohr angebracht ist.

VIII. Wird der Stempel emporgezogen, so entsteht zwischen ihm und der Bodenklappe ein verdünnter Luftraum, Die durch f und h einwirkende äussere Luft verschließt die Klappe c, aber der äussere Luftdruck auf vw öffnet durch das in hg aufsteigende Wasser die Klappe b, wodurch dasselbe in den Stiefel tritt. Wird der Stempel nach unten bewegt, so muß sich die Klappe b schließen, jene bey c aber öffnen und ein Theil des Wassers tritt in die Seitenröhre gd über. Wird der Stempel abermal erhoben, so ist klar, daß sich die Klappe c schließet, b aber öffnet, wodurch das Wasser in der Seitenröhre nicht mehr zurückfließen kann, aber neues Wasser durch b in den Stiefel steigt. Werden nun diese Kolbenzüge abwechselnd fortgesetzt, so erhebt sich das Wasser immer höher in der Steigröhre dg, bis es endlich bey h ausfließet.

IX. Die Wirkung des Druckwerks beruht also zum Theil auf dem Drucke der äussern Luft, und deshalb darf der Punct o keine 32 Fuß von der Wasserfläche vw entfernt seyn; theils aber auf dem mechanischen Drucke; welcher beym Herabbewegen des Stempels auf das Wasser Statt findet. Was

kurz vorher von dem unterbrochenen Ausflusse bey h und von der Einrichtung der Klappe b bemerkt wurde, gilt auch hier wieder.

X. Theils um einen ununterbrochenen Ausguß des Wassers vermittelst der Pumpen zu erhalten, vorzüglich aber um eine größere Menge Wassers in der nämlichen Zeit durch sie zu erheben, hat man die sogenannten doppelstiefeligen Pumpenwerke sehr zweckmäßig eingerichtet. In zwey neben einander stehenden Stiefeln werden die Stempel durch Hülfe des sogenannten Pumpenschwengels abwechselnd auf und nieder bewegt; so, daß wenn der eine steigt, der andere fällt, und umgekehrt. Hierdurch wird nun bey jedem Kolbenzuge das Wasser erhoben, welches durch eine gemeinschaftliche Röhre in größerer Menge hervorfließt. Eine einfache Zeichnung kann diese Einrichtung anschaulich machen.

§. 127.

Die Wasserspritzen.

I. Eine andere Art von höchst nützlichen Vorrichtungen gehört ebenfalls hierher; nämlich die Wasserspritzen. Um ihre Wirkung zu erklären, denke man sich unter abhf (Fig. 45.) einen Stiefel, in welchem der massive Stempel cd vermittelst der Handhabe n bis fh herabbewegt werden kann. Bey fh denke man sich eine gekrümmte Röhre, woran in o eine enge Mündung befindlich ist. Wird nun dieses Werkzeug so unter Wasser gestellt, daß o da-

mit bedeckt ist, so muß, durch das Hinaufziehen des Stempels, das Wasser in den Stiefel emporsteigen. Wird nun die Spritze aus dem Wasser genommen und der Stempel mit Gewalt hinabgedrückt, so muß das Wasser bey o, in Gestalt eines weitreichenden Strahls hervorbrechen. Die Kraft, womit dieses geschieht, wird von der Stärke abhängen, mit welcher der Stempel hinabgedrückt wird.

II. Eine bequemere Einrichtung dieser Spritzen ist folgende. An dem Stiefel m n c b (Fig. 46.) befindet sich bey b die Klappe o und eine Saugröhre o a; zur Seite des Stiefels aber die sich allmählig verengende Springröhre c d. Wird nun die Mündung a in ein Gefäß mit Wasser gestellt, und der Stempel in die Höhe gezogen, so öffnet sich die Klappe o, die Klappe h aber bleibt geschlossen und der Stiefel füllt sich mit Wasser. Drückt man nun den Stempel schnell herab, so schließt sich o, h wird geöffnet, und das Wasser muß aus der Mündung d mit einer Kraft hervorspritzen, welche dem Niederdrucke des Stempels entspricht. Hieraus folgt, daß diese Handspritzen keinen ununterbrochenen, sondern einen sehr unterbrochenen Wasserstrahl bilden. Um denselben ohne bedeutende Unterbrechung zu erhalten, hat man mit vielem Scharfsinne den sogenannten Windkessel erfunden, wobey die Federkraft der Luft als bewegende Kraft des Wassers benützt wird.

III. Die Einrichtung davon ist folgende: An dem Boden des Stiefels abcd (Fig. 47.) befindet sich die Klappe n und die Saugröhre ns. Zur Seite ist ein metallenes Gefäß LW angebracht, in welchem sich die Klappe m und die Springröhre gh befindet. Wird nun der massive Stempel q im Stiefel erhoben, so steigt das Wasser in letzterem empor und die Klappe bey m wird geschlossen. Drückt man den Stempel wieder hinab, so schließt sich die Klappe n, aber m wird geöffnet und das Wasser, welches in das Seitengefäß tritt, springt zum Theil bey h hervor, zum Theil aber drückt es die in diesem Gefäße enthaltene Luft etwa in den Raum L zusammen. Wird nun der Stempel q wieder erhoben, wodurch neues Wasser in den Stiefel tritt, so wird, durch die Expansivkraft der in L enthaltenen Luft, das Ventil n geschlossen und durch den Druck, welchen sie auf das Wasser in W äussert, ein fortgesetztes Hervorspringen des Wasserstrahls aus gh bewirket. Hierdurch erhält man also, bey schneller Auf- und Abbewegung des Stempels, einen ununterbrochenen Wasserstrahl.

IV. Gleichwie man doppelstiefelige Wasserpumpen eingerichtet hat, so giebt es auch doppelstiefelige Wasserspritzen, deren Einrichtung sich aus dem Bisherigen wird erklären lassen. Auch bey ihnen bringt man sehr zweckmäßig einen Windkessel an, um die Federkraft der Luft als mithelfende bewegende Kraft zu benützen.

§. 128.

Die Luftpumpe mit Hahn.

I. Eine der wichtigsten Geräthschaften für den Naturforscher ist die Luftpumpe, welche von einem Deutschen, dem bekannten Otto von Guerike, Bürgermeister von Magdeburg, erfunden worden ist. Die ersten, für die damalige Zeit höchst auffallenden Versuche wurden im Jahre 1654 zu Regensburg vor Kaiser Ferdinand III. und mehreren Großen des Reichs öffentlich angestellt. Der bekannte Jesuit, Caspar Schott, hat sie zuerst in folgender Schrift bekannt gemacht: Ars mechanico-hydraulico-pneumatica. Herbip. 1657; sodann in der Schrift: Ottonis de Guerike experimenta nova, ut vocantur, Magdeburgica, de vacuo spatio. Amstelod. 1672.

II. Die wesentliche Einrichtung dieses merkwürdigen Instrumentes ist folgende: Es sey (Fig. 48.) ABCD ein in dem Innern sehr wohlpolirter Cylinder von Messing, welchen man den Stiefel nennt. In seiner Höhlung kann der massive, luftdicht anschließende Stempel E mittelst der Stempelstange EF auf und ab bewegt werden. In der Mitte von AB erhebt sich eine engere Röhre, worin der Hahn K befindlich ist. Oben trägt sie den sogenannten Teller HI d. h. eine runde, wohl polirte, mit niedrigem Rande versehene Messingplatte, auf welche man Glasglocken wie L, mit

wohlabgeschliffenem Rande aufsetzt, welche Recipienten heißen.

III. Diese blos allgemeine Beschreibung muß nun näher erläutert werden. Damit der Stempel E vollkommen anschließe, was zur Wirkung der Luftpumpe durchaus nothwendig ist, wird derselbe rings umher mit schwammigem Leder umgeben, auch gehörig mit Oel getränkt, damit seine Bewegung im Innern des Stiefels sowohl luftdicht, als auch mit größerer Leichtigkeit Statt finde. Der Hahn K ist doppelt durchbohrt; einmal so, daß durch seine Oeffnung die Verbindung der Luft in L mit jener im Innern des Stiefels hergestellt wird, und dann auch so, daß, bey einer Viertelsumbrehung desselben, die Verbindung der Luft im Innern des Stiefels mit jener des Recipienten abgeschnitten, aber mit der äussern Luft hergestellt wird. Der Teller HI, welcher an sich schon wohl geebnet seyn muß, wird an der Stelle, an welcher der wohl abgeschliffene Rand des Recipienten ihn berührt, so wie dieser Rand selbst, mit etwas Oel bestrichen; so, daß derselbe auf diese Weise vollkommen luftdicht anschließet. In manchen Fällen bedient man sich auch lederner Ringe, welche mit Wasser schwach befeuchtet, auf den Teller gelegt werden, um den Rand des Recipienten darauf zu setzen. Die Röhre, welche den Teller trägt, ist auch bey V mit einer Schraube versehen, damit man andere Gefäße als Glasglocken, z. B. Glas-

kolben mit messingener Hülse und Hahn, luftdicht aufschrauben kann.

§. 129.

Allgemeine Wirkungen der Lumpumpe.

I. Der Stempel E befinde sich am obern Theile des Stiefels AB, der Hahn H sey so gestellt, daß die Verbindung der Luft in L mit jener im Stiefel hergestellt ist, auch schließe der Recipient L mit seinem Rande luftdicht am Teller an. Wird nun der Stempel E bis DC zurückgezogen, so entstände im Innern des Stiefels ein luftleerer Raum. Da aber die Luft in L ein expansibles Fluidum ist, so tritt sie zum Theil in den Raum des Stiefels über; so, daß sie diesen Gesammtraum mit gleicher Dichtheit erfüllt. Wird nun der Hahn K so gedreht, daß die Verbindung des Stiefels mit dem Recipienten abgeschnitten, aber mit der äussern Luft hergestellt ist, und der Stempel E gegen AB gedrückt, so muß die verdünnte Luft des Stiefels durch die Oeffnung des Hahns nach aussen entweichen und die Luft unter dem Recipienten wird, durch diese zweyfache Bewegung des Stempels, schon bedeutend verdünnt worden seyn. Stellt man nun den Hahn wieder in die erste Richtung, bewegt den Stempel nach DC, so tritt von Neuem ein Theil der Luft unter der Glocke in den Raum des Stiefels über. Erhält der Hahn nun die zweyte Stellung, so muß, wenn der Stempel nach AB bewegt wird, die Luft im Innern des

Stiefels abermals ins Freye übergehen und die Luft unter der Glocke wird nun schon eine größere Verdünnung erlitten haben.

II. Fährt man mit dieser Auf- und Abbewegung des Stempels und mit diesem Auf- und Zuschließen des Hahns abwechselnd fort, so muß die Luft in L immer mehr und mehr verdünnt werden. Um die allmähliche Zunahme dieser Verdünnung in einem Beyspiele zu übersehen, nehme man an, der durch das Zurückbewegen des Stempels entstehende leere Raum sey so groß, als der Luftraum unter der Glocke und in der Verbindungsröhre, so wird, wenn man diesen Raum = 1 setzt, die Verdünnung nach dem Gesetze $1/2$, $1/4$, $1/8$, $1/16$, $1/32$, $1/64$ u. s. w. erfolgen, da der Raum, in welchen sich die Luft jedesmal ausdehnt, immer der doppelte von jenem ist, in welchem sie sich unmittelbar zuvor befand. Auch folgt hieraus, daß unter der Glocke niemals ein vollkommen luftleerer Raum entstehen könne. Diesen, mit sehr verdünnter Luft angefüllten Raum nennt man das vacuum Guerikeanum, oder die Guerikeische Leere, welche von der oben bemerkten Torricellischen Leere darin verschieden ist, daß sie immer noch etwas weniges Luft enthält. Indessen kann die Verdünnung durch gut eingerichtete Luftpumpen bis auf das 800 fache getrieben werden, wodurch diese wenige noch rückständige Luft für nichts zu achten ist.

III. Durch dieses Instrument ist es nun leicht, sowohl die Schwerkraft, als auch die Expansivkraft

der Luft zu beweisen. Nach einigen Stempelzügen wird der Recipient L so fest auf den Teller angedrückt, daß man nicht im Stande ist, ihn davon wegzunehmen. Was kann davon anders die Ursache seyn, als der Druck der Luft auf die äussere Fläche dieser Glasglocke? Man gibt daher diesen Gefäßen eine kuppelförmige Wölbung; damit sie im Stande sind, diesen bedeutenden Druck zu ertragen, ohne zerschmettert zu werden. Auch folgt die Expansivkraft der Luft aus diesem Versuche. Denn wenn man den Hahn so drehet, daß die äussere Luft mit dem Innern des Recipienten communicirt, so strömt dieselbe, mit bedeutendem Geräusche hinein, und nun kann der Recipient leicht vom Teller weggenommen werden. Dieser Antheil Luft konnte aber nur dadurch aus dem Recipienten geschafft werden, daß sich die anfängliche Luftmasse in ihm beym Herabbewegen des Stempels auch in den innern Raum des Stiefels ausgebreitet hat, was eine Folge ihrer Expansivkraft ist.

§. 130.

Luftpumpe mit Ventilen.

I. Eine andere Einrichtung der Luftpumpen ist jene mit Ventilen, oder mit Klappen. Das Wesentliche davon besteht in Folgendem. In dem Stiefel ABDC (Fig. 49.) befindet sich bey F eine Klappe, welche sich gegen den Stempel hin öffnet, und nach untenhin zuschießet. Der Stempel, welcher luftdicht in dem Stiefel auf- und abbewegt wird,

ist bey E durchbohrt und mit einer Klappe I verse=hen, welche die Stempelöffnung luftdicht zuschließen kann. Anstatt dieser Klappenventile bringt man meist die sogenannten Blasenventile an. Ein Streifen Blase oder Wachstaffent wird über die enge Oeffnung gespannt, und durch den Anstoß der Luft nach der einen Seite etwas gehoben, nach der ent=gegengesetzten Seite aber wieder geschlossen. Auf der engen Röhre PQK ist wieder der Teller MN mit der Glocke L angebracht.

II. Der Stempel befinde sich bey AB und werde bis DC zurückgezogen, so ensteht im Innern des Stiefels ein leerer Raum, die äussere Luft ver=schließt die Klappe bey I, die Expansivkraft der Luft in L aber öffnet die Klappe F, wodurch der ge=meinsame Raum mit der Luft des Recipienten sich gleichförmig anfüllt. Bewegt man nun den Stem=pel E gegen AB, so wird durch die Compression der zwischen AB und E enthaltenen Luft das Ventil F geschlossen, die Klappe I aber geöffnet, wodurch diese Luft in das Aeussere übertritt. Bewegt man den Stempel zum zweytenmale nach DC, so wird die Klappe I wieder geschlossen, F aber geöffnet wer=den, wodurch die Luft in L abermal verdünnt, die im Stiefel befindliche aber durch die zweyte Bewe=gung des Stempels aus dem Stiefel getrieben wird. Hieraus sieht man, daß sich die beyden Klappen, ungefähr so, wie bey der Wasserpumpe abwechselnd öffnen und schließen, indem der Stempel abwech=selnd hin und her bewegt wird. Der in K ange=

brachte Hahn ist doppelt durchbohrt, und dienet, um entweder die Verbindung der in L enthaltenen Luft mit jener im Stiefel abzuschneiden; oder auch die äussere Luft unter den Recipienten treten zu lassen, wenn sich in letzterem eine sehr verdünnte Luft befindet.

§. 231.

Gegenseitige Vorzüge dieser Einrichtungen.

I. Die Luftpumpe mit Hahn hat vor jener mit Ventilen hauptsächlich zwey Vorzüge:

Fürs erste kann durch sie ein höherer Grad von Verdünnung erreicht werden. Denn die Luft unter dem Recipienten wird sich, bey jedem Grade ihrer verminderten Spannkraft, durch die Oeffnung des Hahns dergestalt in das Innere des Stiefels verbreiten können, daß sie beyde Räume gleichförmig erfüllt. Bey der Luftpumpe mit Ventilen dagegen muß die Klappe des Stiefels durch die Expansivkraft der Luft unter dem Recipienten gehoben werden. So leicht beweglich nun auch dieses Ventil seyn mag, so wird dazu doch einige Kraft erfordert und wenn die Luft bey großer Verdünnung und sehr verminderter Expansivkraft diese Klappe nicht mehr heben kann, so hat auch die Verdünnung selbst ihre Grenze erreicht.

Fürs zweyte gewährt diese Einrichtung den Vortheil, daß man die Luft in den Gefäßen auch verdichten kann, wodurch dieselbe auch als Compressionspumpe brauchbar ist. Wenn man näm-

lich (Fig. 48.) bey V ein kolbenförmiges Glasgefäß aufschraubt, den Hahn so stellt, daß die Luft darin mit jener des Stiefels verbunden ist, und nun den Stempel E nach AB bewegt, so muß die gesammte Luft des Stiefels in den Glaskolben übertreten. Wird nun der Hahn so gedreht, daß die äussere Luft mit dem Innern des Stiefels communicirt, so wird die im Glaskolben comprimirte Luft hierdurch gesperrt, aber die äussere Luft kann nunmehr ungehindert in den Stiefel treten, wenn der Stempel gegen DC zurückbewegt wird. Durch diese abwechselnde Bewegungen läßt sich die Verdichtung immer weiter treiben.

II. Auf der andern Seite hat aber auch die Luftpumpe mit Klappen einen Vorzug vor jener mit Hahn. Er besteht in der größern Bequemlichkeit ihres Gebrauchs. Indem man nämlich den Stempel auf- und abbewegt, öffnen und schließen sich die Klappen ohne äussere Beyhülfe. Daher hat diese Einrichtung eine besondere Bequemlichkeit für die gewöhnliche experimentirende Anwendung. Wenn es aber darauf ankömmt, die Luft auf einen äusserst hohen Grad zu verdünnen, so müßen diese Luftpumpen jenen mit Hahnen nachstehen.

III. Durch sinnreiche Vorrichtungen hat man auch die Luftpumpen mit Ventilen zur Verdichtung der Luft brauchbar gemacht; wie z. B. die von Smeaton erfundene, von Kästner, Karsten und Lichtenberg beschriebene. Auch gab man den Luftpumpen mit Hahn dadurch eine bequemere Ein-

richtung, daß derselbe, durch einen schicklichen Mechanismus, mit dem Hin- und Herdrehen der Kurbel seine jedesmalige Richtung erhält. Dies ist z. B. bey der Branderischen Cabinets-Antlia der Fall.

§. 132.

Einige andere Arten von Luftpumpen.

I. Auch die Luftpumpe ist, wie es beynahe jedem neuerfundenen wichtigen Werkzeuge wiederfährt, auf vielfache Weise in ihrer Einrichtung verändert worden. Von vorzüglicher Brauchbarkeit sind die doppelstiefeligen Luftpumpen, welche eine weit schnellere Verdünnung der Luft bewirken, indem die beyden Stempel jedesmal in entgegengesetzter Bewegung begriffen sind. Eine der gewöhnlichsten dieser Art ist die Hawksbeesche. Die beyden Stempelstangen sind gezahnt, ein Zahnrad greift in dieselbe ein und kann vermittelst einer Kurbel hin und her gedreht werden, wodurch die Stempel abwechselnd steigen und fallen. Besonders bequem ist diese Einrichtung für die gewöhnlichen Versuche.

II. Die bekannte Luftpumpe von Senguerd war lange Zeit fast allgemein im Gebrauche. Sie hat einen Hahn, einen schief liegenden Stiefel, in welchem die gezahnte Stempelstange durch Hülfe eines kleinen Rades und Haspels aus- und eingewunden werden kann.

III. Leupold's Luftpumpe hat mit der Hawks-

beeschen fast gleiche Einrichtung, nur bewegt ein Hebel, nach Art eines Waagbalkens, die Kolbenstangen.

IV. Auch Nollet's Luftpumpe war mehrfach im Gebrauche. Der einfache Stiefel steht senkrecht in der Mitte eines dreyfüßigen Gestelles. Die Stempelstange wird durch einen Steigbügel und Handgriff mit dem Fuße ab und auf beweget. Auch hat sie einen Hahn, welcher jedesmal hin und her gedreht werden muß.

V. Sehr sinnreich construirt ist Smeaton's Luftpumpe mit Ventilen, und dennoch so eingerichtet, daß sie auch zur Verdichtung dient.

VI. Noch gehört die zweckmäßig eingerichtete Branderische Luftpumpe hierher. Sie hat einen Hahn, welcher durch die Bewegung der Kurbel, gleich der Stempelstange, gehörig geöffnet und geschlossen wird.

VII. Auch giebt es Quecksilber Luftpumpen z. B. die von Baader und Hindenburg. Sie beruhen auf dem Satze, daß der Luftdruck eine Quecksilbersäule von 28 Zollen in der Höhe, nicht aber eine höhere, erhalten kann.

Da die nähere Einrichtung dieser Luftpumpen ohne erläuternde Zeichnungen nicht gehörig verständlich ist, so wird dieses dem mündlichen Vortrage vorbehalten. Auch sehe man eine ausführliche Geschichte der hierher gehörigen Einrichtungen in Fischer's physicalischem Wörterbuche III. B. Art. Luftpumpe.

§. 133.

Lehrreiche Versuche mit der Luftpumpe.

I. Die erste und einfachste Erscheinung, welche die Luftpumpe gestattet, ist das feste Andrücken des Recipienten auf den Teller, wie schon oben bemerkt wurde. Dieses beweiset unläugbar die große Druckkraft der Luft.

II. Wenn ein Glascylinder, oben und unten offen, am Rande gehörig geebnet, auf einer Seite mit einer feuchten Blase verschlossen und, nachdem sie getrocknet, luftdicht auf den Teller gesetzt wird, so zeigt sich sogleich beym Anfange der Verdünnung eine Vertiefung der Blase, welche immer mehr zunimmt und wobey die Blase selbst mit großer Gewalt ausgedehnt wird. Ist es eine dünne Lammsblase, so wird sie endlich, mit bedeutendem Knalle zersprengt werden. Schweins- und Rindsblasen dagegen ertragen meistens diesen großen Druck. Sobald man aber mit einem spitzigen Körper hineinsticht, so dringt die äussere Luft, unter heftigem Knalle, in den Cylinder, wobey die Blase meist in mehrere Stücke zerrissen wird.

III. Ferner gehören hierher die sogenannten Magdeburger Halbkugeln. Der Erfinder der Luftpumpe ließ nämlich zwey kupferne Halbkugeln, deren Durchmesser eine Magdeburger Elle betrug, verfertigen. Nachdem sie mit ihren luftdicht anschließenden Rändern zusammengesetzt waren, verdünnte man die Luft, welche sie in sich faßten, durch Hülfe des neuerfundenen Werkzeuges auf einen ho-

hen Grad, spannte sodann an jede Seite zwölf bis fünfzehn Pferde, welche nicht im Stande waren, die Halbkugeln auseinander zu reissen. Oeffnete man aber einen Hahn, welcher die äussere Luft mit ihrem innern Raume in Verbindung setzte, so strömte jene mit hörbarem Geräusche ein, und die Halbkugeln fielen von einander. Was dieser Versuch im Großen gezeigt hat, das pflegt man in den Experimentir-Uebungen mit zwey Halbkugeln von Messing, deren Durchmesser drey bis vier Zolle beträgt, im Kleinen nachzuahmen. Diese Kugeln werden hier durch den äussern Luftdruck so fest zusammengehalten, daß zwey starke Menschen nicht im Stande sind, sie von einander zu trennen. Wenn man die Oberflächen beyder Halbkugeln berechnet, und die Spannkraft der darin noch befindlichen Luft ungefähr bestimmt, so läßt sich die Kraft nach Pfunden angeben, womit sie zusammengedrückt werden.

IV. Wenn der Recipient der Luftpumpe eine hohe Glasglocke ist, welche eine Barometer-Röhre von ungefähr 30 Zollen aufnehmen kann, so wird sich die Quecksilbersäule darin mit jedem Stempelzuge vermindern; anfangs schnell, allmählig aber weniger schnell. Man erkennt hieraus die stufenmäßig abnehmende Expansivkraft der eingesperrten Luft, welche um so geringer ist, je kleiner die Quecksilbersäule in der Röhre erscheinet. Beträgt diese etwa nur noch 3—4 Linien, so hat die Luft schon einen sehr hohen Grad von Verdünnung erlitten. Oeffnet man nun den Hahn, wodurch die äussere

Luft unter den Recipienten strömt, so steigt das Quecksilber wieder in die Höhe, bis zum ersten Standpuncte Bey niedrigern Recipienten kann man kleinere Röhren, mit Quecksilber gefüllt, unter sie bringen, wo denn das Fallen des Quecksilbers erst nach mehreren Stempelzügen beginnen wird.

V. Gewöhnlich wird eine solche Barometerröhre mit der Luftpumpe verbunden, wie (Fig. 49.) zeigt. Hier ist abc eine, mit dem Recipienten L und mit der Glocke hrd in Verbindung stehende Röhre, welche sich auf dem kleinen Teller hd befindet. Unter derselben ist die Barometerröhre nm angebracht und der Hahn bey g kann die Luft in dieser Glocke entweder mit dem Recipienten L in Verbindung setzen, oder auch diese Verbindung aufheben. Diese Vorrichtung ist bequem, weil man die allmählige Verdünnung der Luft in L leicht erkennen kann.

VI. Wenn ein gewöhnliches, oben mit einem Rande versehenes Glas mit einer Blase dergestalt luftdicht geschlossen wird, daß sich ein Theil derselben in dem Innern des Glases befindet und man stellt diese Vorrichtung unter den Recipienten, so wird sich die Blase bey jedem Stempelzuge mehr aus dem Glase herausbegeben, bald ganz und gar ausserhalb desselben und vollkommen angeschwellt erscheinen. Daß die Expansivkraft der in dem Glase enthaltenen Luft hievon die Ursache sey, ist klar. Wenn man in diese Blase zuvor einige Gewichtchen legt, so werden dieselben mitgehoben und fallen einmal aussen herab. Läßt man sie z. B. auf einen

Teller von Blech fallen, so wird der hierdurch entstehende Schall sich sehr geschwächt zeigen.

VII. Auch gehört der sogenannte Blasenversuch hierher. In einem bauchigen, unten mit einem Fuße, oben mit einer sich verengenden Oeffnung versehenen Glase befindet sich eine kleine, angeschwellte, an ein durchbohrtes Messingstück mit enger Mündung befestigte Blase; dergestalt, daß dieses in die Oeffnung des Glases luftdicht schließet; daß aber zwischen dem Glase und der Blase noch ein kleiner Antheil Luft enthalten ist. Stellt man diese Vorrichtung unter den Recipienten und fängt an, die Luft zu verdünnen, so wird durch die enge Oeffnung des Messingrohrs die Luft aus dem Innern der Blase allmählig entweichen. Hierdurch dehnt sich die zwischen dem Glase und der Blase enthaltene Luft immer mehr und mehr aus, und die anfangs vollkommen angeschwellte Blase wird sehr fest zusammengedrückt. Läßt man die äussere Luft unter den Recipienten strömen, so wird die Blase wieder vollkommen angeschwellt.

VIII. Eine schlaffe Blase, welche luftdicht verschlossen und unter den Recipienten gelegt wird, dehnt sich, bey Verdünnung der Luft unter demselben, allmählig mehr aus, hebt nicht unbedeutende Gewichte und schwillt endlich vollkommen an. Beym Zutritt der äussern Luft, wird sie wiederum zusammengedrückt.

IX. Man stelle ein mit enger Oeffnung versehenes Glas umgekehrt in ein gewöhnliches, etwa

auf zwey Drittheile mit Wassnr gefülltes Schoppenglas, und setze diese Vorrichtung unter den Recipienten. Sogleich bey dem ersten Stempelzuge werden viele Luftblasen aus der engen Oeffnung hervortreten und im Wasser aufsteigen. Die Menge dieser Luftblasen vermindert sich aber allmählig; so, daß nur noch einige wenige und in längern Zwischenpausen erscheinen. Strömt nun die äussere Luft wieder unter den Recipienten, so wird in das umgekehrte Gefäß so lange Wasser einsteigen, und die rückständige Luft so lange zusammenpressen, bis diese von der Dichtheit der äussern ist. Die Menge des eingetretenen Wassers bestimmt auch ungefähr die Menge der aus dem Glase entwichenen Luft.

X. Zwey Gläschen, wovon das eine, z. B. mit Lacmus, blau gefärbtes Wasser enthält, stehen neben einander und ihre Oeffnungen sind durch eine gläserne Heberröhre so verbunden, daß der eine Schenkel durch den, die eine Oeffnung luftdicht schließenden Stopfen bis beynahe zum Boden hinab steigt, der andere Schenkel aber in die unverstopfte Oeffnung des andern Gläschens eingesteckt ist und ebenfalls bis beynahe zum Boden reichet. Steht diese Vorrichtung unter dem Recipienten, so wird das gefärbte Wasser schon beym ersten Stempelzuge in dem Heberröhrchen aufsteigen und in das offene Gläschen herüber fließen, welches so lange fortwährt, als sich die Mündung der Heberröhre noch in dem gefärbten Fluidum befindet. Tritt sie aus demselben, so wird eine große Menge von sichtbaren

Luftblasen (wie eine Perlenschnur gestaltet) durch die Heberröhre übertreten. Läßt man die äussere Luft wieder unter die Glocke, so steigt das Wasser wieder rückwärts in das erste Gläschen zurück. Die Erklärung davon ist sehr einfach.

XI. Noch gehört hierher der Heronsball, d. h. ein Springbrunnen durch die Expansivkraft der eingesperrten und durch Verdünnung der äussern Luft. Ein bauchiges Glas mit enger werdendem Halse sey etwa auf zwey Drittel mit Wasser gefüllt. Die Oeffnung werde durch eine Messingschraube luftdicht geschlossen, in welcher sich eine enge Glasröhre befindet, welche bis beynahe auf den Boden des Glases herabreicht, oben aber eine noch engere Oeffnung hat. Setzt man diese Vorrichtung unter einen etwas hohen Recipienten, so bildet sich sogleich bey den ersten Stempelzügen ein Wasserstrahl, welcher hoch aus der engen Oeffnung emporsteigt. Damit das herunterfallende Wasser nicht durch die Oeffnung des Tellers in das Innere der Luftpumpe eindringen kann, so muß bey diesem Versuche ein Teller von Blech auf den gewöhnlichen Teller gesetzt werden.

§. 134.

Fernere Versuche mit der Luftpumpe.

I. Bringt man Bier oder Seifenwasser in einem nicht weiten, aber etwas hohen Glase unter den Recipienten und fängt an die Luft unter ihm zu verdünnen, so wird die Expansivkraft der in den

feinen Bläschen enthaltenen Luft wirksam, es entsteht ein so bedeutender Schaum, daß derselbe das ganze Glas anfüllen und über demselben emporsteigen kann. Sobald die äussere Luft hinzu tritt, wird er wiederum zerstört, und die ganze Masse sinkt zurück.

II. Bringt man viereckige Stückchen von Tannen-, Buchen- oder Eichenholz auf den Boden eines nicht weiten, aber hohen, mit Wasser angefüllten Glases, stellt dieses unter den Recipienten, so steigen sogleich bey den ersten Bewegungen des Stempels ausserordentlich viele Luftbläschen aus dem Holze durch das Wasser empor. Setzt man diesen Versuch so lange fort, bis sich keine Blasen mehr zeigen, und läßt die äussere Luft einströmen, so wird man finden, daß diese Holzstücke nunmehr specifisch schwerer als Wasser geworden sind, da sie in ihm untersinken. Der Druck der äussern Luft hat nämlich an die Stelle der in ihnen eingesperrt gewesenen Luft eine bedeutende Menge von Wasser getrieben.

III. Wenn man an ein Stück Korkholz so lange Bleystückchen befestigt, bis es eben in dem Wasser eines engen und hohen Gefäßes untersinkt, so wird dasselbe, wenn diese Vorrichtung unter die Glocke gebracht und die Luft verdünnt wird, im Wasser emporsteigen. Denn die im Korkholze enthaltene Luft erweitert durch ihre erhöhte Expansivkraft sein Volum. Läßt man etwas weniges von der äussern Luft eintreten, so sinkt der Kork, dessen Volum sich

hierdurch vermindert, sogleich wieder unter. Bey neuem Pumpen steigt er wieder empor, u. s. w.

IV. Man setze das oben erwähnte Cartesianische Täucherchen dergestalt in das Wasser eines hohen, engen Glases, daß es zwar oben aufschwimmt, daß sich aber das hohle Glaskügelchen mit seiner Oeffnung im Wasser befindet, und stelle dasselbe unter den Recipienten. Wird die Luft unter ihm verdünnt, so werden auch einige Luftbläschen aus dem hohlen Glaskügelchen hervortreten. Läßt man nun etwas Weniges von der äussern Luft einströmen, so wird ein Antheil Wasser in das Innere der kleinen Glaskugel getrieben und das Männchen, welches hierdurch specifisch schwerer als das Wasser wird, sinkt unter. Eine kleine Bewegung des Stempels bringt es wieder zum Steigen, neuer Zutritt der Luft zum Sinken, u. s. w. Auch kann man dasselbe bey einiger Uebung schwebend erhalten.

V. Wenn man eine Vorrichtung, wodurch der Hammer eines Schlagwerks eine Zeitlang gegen eine kleine Glocke schlägt, auf einem Küssen von Haaren oder Federn unter den Recipienten stellt und die Luft verdünnt, so wird man den Klang der Glocke, bey fortgesetzter Verdünnung, allmählig weniger und endlich kaum mehr hören können. Dieser Versuch beweiset offenbar, daß der Schall in der verdünnten Luft einen weit geringern Grad von Stärke besitzt. Eben dieses haben Reisende erfahren, welche sehr hohe Berge bestiegen, auf welchen die

Luft ebenfalls bedeutend verdünnt ist und der gewöhnliche Ton der Stimme um Vieles geschwächt wird.

VI. Warmblütige Thiere, welche man unter den Recipienten der Luftpumpe bringt, sterben, bey schneller Verdünnung, sehr schnell. Denn das Leben dieser Thiere ist durch das Athmen in atmosphärischer Luft bedingt. Der Lebensflamme ähnlich, erlischt auch die Flamme des Kerzenlichts sehr bald in diesem verdünnten Luftraume; eben so brennende Kohlen und dergleichen.

VII. Wenn man Wasser in einem etwas weiten Gefäße unter den Recipienten der Luftpumpe bringt, die Luft auf hohen Grad verdünnt, und sodann, durch Oeffnen des Hahns, die äussere Luft eintreten läßt, so bildet sich ein sichtbarer Nebel unter der Glocke, welcher an ihrer innern Fläche wie der sogenannte Hauch, erscheint. Hier wurde, bey der großen Verdünnung der Luft ein Antheil des Wassers in Dämpfe verwandelt, welche, weil sie vollkommen durchsichtig sind, nicht gesehen werden können. Beym Einströmen der äussern Luft aber werden sie heftig zusammengedrückt, hierdurch zum Theil zersetzt, verdichtet und als Nebel sichtbar.

VIII. Stellt man Wasser, welches etwas erwärmt ist, unter den Recipienten, so wird dasselbe, bey großer Verdünnung der Luft wirklich ins Kochen gerathen, d. h. es werden sich die Dampfblasen mit Heftigkeit entwickeln, welche das Wasser

in bedeutende Bewegung setzen und mit Gewalt aus demselben hervorbrechen. Dieses kochende Wasser ist hier kein heißes Wasser, wie es gewöhnlich beym kochenden Wasser in der äussern Luft der Fall ist. Das Wasser wird um so eher in Dämpfe verwandelt, je kleiner der äussere Luftdruck gegen dasselbe ist; und, was in gewöhnlichen, offenen Kochgefäßen beym gewöhnlichen Luftdrucke nur durch einen hohen Grad von Hitze geschehen kann, das hat hier, bey so sehr vermindertem Luftdrucke, in weit geringerer Wärme Statt. Aus gleichem Grunde kocht das Wasser auf hohen Bergen bey geringerem Wärmegrade, als in der Tiefe.

§. 135.

Die Compressionspumpe und ihr Gebrauch.

1. In einem langen, engen, im Innern wohl polirten Messing-Cylinder ABCD (Fig. 50.) kann ein Stempel E luftdicht anschließend vermittelst der Stange EF und des Handgriffes F auf und ab bewegt werden. Am Ende AB befindet sich die Klappe n und eine enge, mit einer Schraube versehene Röhre. Auch hat der Messingcylinder an der Seite bey H eine Oeffnung. Ist nun der Stempel E bey AB und man zieht denselben bis gegen H zurück, so entsteht in seinem Innern ein luftleerer Raum und die Klappe n wird durch den Druck der äussern Luft geschlossen. Wird aber der Stempel bis über H bewegt, so strömt die äussere Luft durch die Oeffnung H in das Innere des Stiefels, und wenn nun

der Stempel E nach A B bewegt wird, so muß sich die Klappe n öffnen, um die eingedrungene Luft durch die Oeffnung I hinauszustossen. Aus dieser Einrichtung sieht man, daß dieses Werkzeug auch den Namen einer Luftspritze mit Recht führen könnte. Sein Gebrauch soll nun in zwey Anwendungen erläutert werden.

II. In dem Gefäße (Fig. 51.) a b c d befinde sich bey m m Wasser, bey n n aber Luft; eine Röhre t s reiche mit ihrer untern Oeffnung beynahe bis zum Boden, in h sey ein Hahn und auf die Oeffnung könne die Compressionspumpe geschraubt werden. Wird nun diese Pumpe aufgesetzt, der Hahn geöffnet, und durch mehrere Stempelbewegungen eine Portion Luft durch die Röhre t s in den Raum n n gebracht, wohin sie in Blasen, welche aus der Oeffnung s hervortreten, aufsteigt, so wird die Luft in diesem Raume n n nach Belieben verdichtet. Schließt man nun den Hahn n, schraubt die Compressionspumpe ab, und Statt deren die kleine Springröhre g auf, so erhält man bey Oeffnung des Hahns einen hohen Wasserstrahl, welcher aus der Oeffnung g hervorspringt, und zwar um so höher, je mehr die Luft in n n verdichtet war. Das Wasser wird so lange aus g hervortreten, bis die Luft in n n an Dichtheit der äussern Luft gleich ist. Besteht das Gefäß a b c d aus Glas, so kann es leicht durch eine zu weit getriebene Verdichtung der Luft in n n zersprengt werden.

III. Eine andere bekannte Anwendung von der

Expansivkraft der verdichteten Luft findet man bey der Windbüchse. Ein hohler, metallener Kolben kann durch die aufgesetzte Compressionspumpe mit sehr verdichteter Luft angefüllt werden. An diesen Kolben wird nunmehr der Lauf befestigt, in welchen man die Kugel bringt. Durch einen besondern Mechanismus wird nun beym Abdrücken die Klappe geöffnet, welche die verdichtete Luft in dem Kolben zurückhält. Plötzlich dringt eine Portion dieser Luft mit solcher Heftigkeit hervor, daß die Kugel mit großer Kraft aus dem Laufe getrieben wird. Da nun die in dem Kolben enthaltene Luft immer noch sehr verdichtet ist, so kann auf den ersten Schuß bald der zweyte folgen, wenn abermal eine Kugel in den Lauf gebracht wird. Um dieses desto schneller zu bewirken, ist an einigen Windbüchsen zur Seite des Laufes eine Höhlung angebracht, worin sich etwa zehn Kugeln voreinander liegend befinden. Durch einen Seitendruck wird die unterste davon in den Lauf gebracht, und durch den Druck am sogenannten Abdrücker erfolgt unmitelbar der Schuß. Hierdurch können zehn Schüsse in verhältnißmäßig sehr kurzer Zeit hinter einander erfolgen. Die Kraft der letztern ist hierbey allerdings um etwas weniges geschwächt. Beym Gebrauche dieser sinnreich ausgedachten Schießgewehre, deren Anwendung im Kriege durchaus nicht zu wünschen ist, muß man die Vorsicht anwenden, den Kolben nicht allzusehr mit verdichteter Luft zu füllen, weil derselbe hierdurch mit einer gewaltsamen Ex-

plosion zerspringen würde. Auch muß man sich hüten, die geladene Windbüchse nicht in die Nähe eines heißen Stubenofens zu stellen, da durch Einwirkung der Wärme die Expansivkraft der im Kolben eingesperrten Luft noch um Vieles vermehrt würde.

§. 136.

Verschiedene Arten von Elaterometern.

I. Der Zweck der Luftpumpe ist die Verdünnung der Luft in einem geschlossenen Gefäße. Dieses Instrument ist daher um so vollkommener, je weiter diese Verdünnung getrieben werden kann. Man hat deshalb Vorrichtungen erdacht, welche Elaterometer heissen, weil sie das Maas der erhaltenen Verdünnung andeuten sollen. Man denke sich z. B. eine gewöhnliche Barometerröhre, deren oberes offenes Ende luftdicht durch eine Oeffnung des Tellers unter den Recipienten tritt, indeß sich die untere Oeffnung in einem Gefäße mit Quecksilber und in letzterem eingetaucht befindet. Wird nun der Stempel der Luftpumpe in Bewegung gesetzt, so wird bey jedem Zuge das Quecksilber höher in die Röhre aufsteigen; anfangs schneller, allmählig aber langsamer. Könnte man unter dem Recipienten einen vollkommen luftleeren Raum bewirken, so müßte das Quecksilber eine Höhe erreichen, welche dem gegenwärtigen Barometerstande gleich ist. Da jenes aber nicht möglich ist, so wird die Luftpumpe sich um so vollkommner zeigen, je näher die Quesilber-

säule diesem Barometerstande kömmt. Da es unbequem ist, die Röhre durch den Teller der Luftpumpe treten zu lassen, so kann man sie mit einer Verbindungsröhre communiciren lassen.

II. Die gewöhnliche Barometerprobe besteht in einem Glasgefäße (Fig. 52.) welches bis auf m n mit Quecksilber angefüllt ist und durch dessen obere Mündung eine bey a geschlossene, unten aber offene, durchaus mit Quecksilber angefüllte Glasröhre eingesteckt wird. Bringt man diese Vorrichtung unter den Recipienten, und fängt an, die Luft zu verdünnen, so wird, wenn ihre Spannkraft so vermindert ist, daß sie die Quecksilbersäule von der Höhe a f nicht mehr zu tragen vermag, das Quecksilber von a gegen b herabzusinken anfangen. Bey fortgesetzter Verdünnung fällt es von b nach c, von c nach d u. s. w. herab. Wenn die Höhe der Quecksilbersäule etwa nur noch zwey bis drey Linien beträgt, so hat die Luft unter der Glocke einen sehr hohen Grad von Verdünnung erreicht. Man kann ihn berechnen, wenn man mit dieser Zahl in den beobachteten Quecksilberstand dividirt. Hätte die Röhre a f die Höhe einer gewöhnlichen Barometerröhre, so würde das Quecksilber sogleich bey dem ersten Stempelzuge anfangen zu sinken, was aber freylich einen sehr hohen Recipienten voraussetzte.

III. Der heberförmige Elaterometer hat folgende Einrichtung. Eine gläserne Heberröhre a c b (Fig. 53.) ist bey a geschlossen, bey b offen und in dem Raume a m c g mit Quecksilber gefüllt. Wird

diese Vorrichtung, auf einem Fuße stehend, unter den Recipienten gebracht und die Luft allmählig verdünnt, so muß das Quecksilber bey a einmal zu fallen, jenes bey g aber zu steigen beginnen. Je mehr sich das Quecksilber in beyden Schenkeln der waagrechten Linie m n nähert, desto mehr muß die Luft verdünnt seyn. Aber keine Luftpumpe ist im Stande, zu bewirken, daß die Oberflächen des Quecksilbers sich genau in der Linie m n befinden, weil dieses einen vollkommen luftleeren Raum unter dem Recipienten voraussetzte, welchen bekanntlich keine Luftpumpe erzeugen kann.

IV. Auch kann man die, an vielen Luftpumpen angebrachte, unter einem hohen und schmalen Recipienten stehende Barometerröhre (man sehe Fig. 49.) als Elaterometer gebrauchen, wie dieses bereits oben erklärt worden ist.

V. Man hat gegen alle diese Vorrichtungen den Einwurf gemacht, daß sie nicht im Stande wären, den wahren Verdünnungsgrad der Luft mit Genauigkeit anzugeben, weil sich theils aus dem Oele, womit man den Rand der Glocke bestreicht, theils aus dem Wasser womit der lederne Ring auf dem Teller befeuchtet ist, bey großer Verdünnung der Luft Dämpfe erzeugten. Diese Dämpfe vereinigten nun ihre Expansivkraft mit jener der noch vorhandenen Luft und brächten hierdurch ein irriges Resultat hervor. Zur Vermeidung dieses fremdartigen Einflusses der Dämpfe hat der Engländer Smeaton die sogenannte Birnprobe erfunden.

§. 137.

Smeaton's Birnprobe.

1. Dieses, mit vielem Scharfsinne ausgedachte Werkzeug hat folgende Einrichtung. Ein birnförmiges, unten offenes Glasgefäß s (Fig. 54.) ist oben mit der engen Röhre n m versehen. Der Inhalt des Ganzen ist aufs Genaueste bestimmt und eine Scale m n verfertigt, wodurch man mit Genauigkeit sehen kann, wie viel der Raum irgend eines Theils der Röhre m n vom Inhalte des ganzen Gefäßes beträgt. Dieses Werkzeug wird an einem Drathe m c befestigt, welcher luftdicht durch eine geölte Lederbüchse unter dem Recipienten auf und ab geschoben werden kann. Unter der Birnprobe befindet sich das Glasgefäß h r t v, welches bis h v mit Quecksilber gefüllt ist. Wird nun die Luft unter der Glocke auf einen hohen Grad verdünnt, wodurch sich derselben einige Dämpfe vom Oele oder Wasser beymischen, so befindet sich auch ein kleiner Antheil dieser Dämpfe in dem innern Raume der Birnprobe. Nun drücke man die Birnprobe durch den Handgriff d so tief in das Quecksilber Q hinab, daß der Rand s bedeutend eingetaucht ist, und lasse, durch Oeffnung des Hahns, die äussere Luft unter den Recipienten treten. Sogleich steigt das Quecksilber in der Birnprobe empor, die darin enthaltene verdünnte Luft, wird comprimirt und der Antheil von Dämpfen mit ihr. Da aber diese Dämpfe durch eine solche Compression zersetzt werden, so hören sie auf, als luftför-

mige Körper zu wirken, und ihr nachtheiliger Einfluß ist beseitigt. Auch ist klar, daß die in nm enthaltene Luft, wenn die Birnprobe so tief in das Quecksilber Q getaucht wird, daß das innere und äussere Quecksilber-Niveau zusammenfällt, von demselbigen Grade der Dichtheit mit der äussern Luft sey. Da nun durch die Scala mn bekannt ist, wie viel dieser Luftraum vom Raume der ganzen Birnprobe beträgt, so bestimmt eben dieser Quotient den Grad der Verdünnung der Luft unter der Glocke.

II. Aus dieser Einrichtung geht hervor, daß die Birnprobe nur bey Glasrecipienten, nicht aber bey andern Glasgefäßen, welche man umgekehrt auf den Teller der Luftpumpe anschraubt, brauchbar sey. Doch läßt sie sich auch hier anwenden, wenn man noch einen zweyten Teller für sie anbringt, oder wenn man jene Glasgefäße an eine Seitenröhre anschraubt, welche mit dem Recipienten in Verbindung steht.

§. 138.

Specifisches Gewicht der atmosphärischen Luft.

I. Eine kolbenförmige Glasflasche, welche mit einer Schraube und mit einem Hahne versehen ist, auch keinen allzu kleinen Inhalt hat, wird an einer empfindlichen Waage auf das Genaueste abgewogen, sodann auf den Teller der Luftpumpe geschraubt, und die Luft in ihr möglichst verdünnt. Nachdem man ihren Hahn geschlossen, dieselbe abgeschraubt und wiederum gewogen hat, wird die Differenz des

vorigen und jetzigen Gewichtes das Gewicht jener Luftmasse angeben, welche durch die Luftpumpe aus ihr entwichen ist. Da aber nicht alle Luft aus derselben entweichen konnte, so tauche man nunmehr ihre Oeffnung unter Wasser, öffne den Hahn und lasse das Wasser in dem Kolben emporsteigen. Dieses wird solange geschehen, bis die innere Luft einerley Dichtheitsgrad mit der äussern hat. Man muß aber den Glaskolben hierbey so tief in das Wasser tauchen, bis das innere und äussere Wasser-Niveau gleich steht. Wird nun der Hahn unter Wasser geschlossen, der Glaskolben umgedreht, auf seine Mündung eine mit Wasser gefüllte und mit einer Scale versehene Glasröhre geschraubt, und nun der Hahn geöffnet, so fällt dieses Wasser in den Kolben, die Luft steigt aber in die Glasröhre empor und kann in derselben nach ihrem cubischen Inhalte gemessen werden. Da nun auch der cubische Inhalt des leeren Glaskolbens genau bestimmt worden ist, so weiß man auch hierdurch, wie viel der Raum jener Luftmasse beträgt, welche durch das Auspumpen hinweggebracht worden ist. Man hat daher das specifische Gewicht der Luft gefunden.

II. Nach Gren wiegt ein rheinländischer Decimal-Cubikzoll Luft, bey 65° F. und 27′8″ Par. Barometerstand 0,615 Gran. Da nun ein Cubiczoll Wasser bey gleicher Temperatur 492,229 Grane wiegt, so verhält sich das specifische Gewicht des Wassers zu jenem der Luft sehr nahe wie 800:1.

Daher wiegt ein rheinl. Cubikfuß Luft 615,062 Gr. im Medicinalgewichte. Weil nun 1 Unze = 2 Lothe = 480 Grane, so wiegt ein rheinl. Cubicfuß Luft 2,562 Lothe, d. h. etwas mehr als $2\frac{1}{2}$ Loth.

III. Daß die Resultate der Naturforscher bey Bestimmung des Gewichtes der atmosphärischen Luft nicht bis auf das Kleinste übereinstimmen, ist leicht aus der Schwierigkeit zu erklären, diese Versuche vollkommen genau anzustellen. Doch sind die Abweichungen der gefundenen Resultate nicht sehr bedeutend. Nach Schukburgh ist das Gewicht der Luft bey einem Barometerstande von 27″56‴ Linien Par. und bey 10 R. 840mal kleiner, als jenes des Wassers bey gleicher Temperatur. Nach Schmidt ist das Wasser bey 15 bis $16\frac{1}{2}$ R und 28 Zoll $1\frac{6}{10}$ Linie bis 27 Zoll $11\frac{2}{16}$ Linien 838mal specifisch schwerer, als die Luft.

§. 139.

Gewichtsverlust der Körper in der Luft.

I. Da nach einem bekannten Grundsatze der Hydrostatik jeder feste Körper, in einem flüssigen eingetaucht, darin soviel von seinem Gewichte verliert, als der flüssige in seinem Raume wiegt, so müssen auch alle feste Körper in der Luft soviel von ihrem absolutem Gewichte verlieren, als das Gewicht der Luft in ihrem Raume beträgt. Da nun die festen Körper von so sehr verschiedenem specifischen Gewichte sind, so müssen auch ihre Gewichtsverluste, bey gleichwichtigen Massen, durch die Luft

ungleich seyn. Es sey an einer Waage ein Bleygewicht von 10 Pfunden mit einem Sacke voll Federn im Gleichgewichte, so ist klar, daß der Federnsack, wegen seines weit größern Volums gegen das Volum des Bleyes, auch weit mehr von seinem absoluten Gewichte in der Luft verlieren muß, als das Bley. Da sich dennoch beyde Körper das Gleichgewicht halten, so muß die Masse Federn an sich mehr betragen, als die Bleymasse. Wäre das Volum der Federn z. B. 3 Cubikfuße, so würde der Federnsack mehr als 7 Lothe am Gewichte verlieren, da der Gewichtsverlust des Bleyes nicht sehr bedeutend ist. Daher hätte man etwa sieben Lothe Federn mehr, als man haben sollte.

II. Die Richtigkeit dieser Sätze läßt sich auch durch einen Versuch anschaulich machen. An einer kleinen Waage sey ein großes Stück Korkholz mit einem kleinen Gegengewichte von Messing in der Luft im Gleichgewichte. Stellt man diese Vorrichtung unter den Recipienten der Luftpumpe, und verdünnt allmählig die Luft in ihm, so wird das Korkholz immer mehr herabsinken, das Bley aber emporsteigen. Läßt man die äussere Luft wieder hineintreten, so stellt sich das vorige Gleichgewicht auch wieder her. Könnte man die Luft unter der Glocke verdichten, so würde das Korkholz steigen und die Messingkugel fallen müssen.

III. Hieraus folgt ferner, daß wir durch unsere Waagen nicht im Stande sind, das absolute Gewicht der Körper mit vollkommener Schärfe zu

bestimmen, da die Luft, bey Körpern von bedeutend verschiedenem specifischen Gewichte, dieses verhindert. Auch ist klar, daß die Resultate des Wägens in der Höhe und in der Tiefe, bey größerem oder bey kleinerm Barometerstande, etwas verschieden seyn müßen.

§. 140.

Das Guerikeische Manometer.

I. Der Erfinder der Luftpumpe hat noch ein anderes Werkzeug erdacht, welches Manometer, d. h. Luftdichtigkeitsmesser heißt. Es sey AB (Fig. 55.) ein gewöhnlicher Waagbalken, welcher um die Achse C leicht beweglich ist. An den Punct B werde eine große, hohle, luftdicht verschlossene Kugel von dünnem Glase, in A aber ein massives Bleygewicht D aufgehängt; so, daß sie genau im Gleichgewichte stehen. Da beyde Körper D und E so bedeutend verschieden am Volume sind, so werden sie auch in der Luft, worin sie sich befinden, verschiedene Gewichtsverluste erleiden. Gesetzt nun, die atmosphärische Luft werde dichter, so wird die Glaskugel E mehr von ihrem Gewichte verlieren, als die weit kleinere Bleykugel D. Das Gleichgewicht kann daher nicht mehr bestehen, die Glaskugel wird steigen, die Bleykugel sinken. Wenn dagegen umgekehrt die Dichtheit der äussern Luft abnimmt, so muß die Glaskugel, da sie weniger von ihrem Gewichte verliert, als die Bleykugel, hinabsinken, jene aber aufsteigen.

II. Wenn daher beyde Kugeln, bey einem be-

stimmten Grade von Dichtheit der Luft, im Gleich-gewichte stehen, und man findet, daß zu einer andern Zeit die Glaskugel gestiegen, die Bleykugel gesunken ist, so kann man daraus mit Recht auf eine vermehrte Dichtheit der Luft schließen. Wäre aber die Glaskugel gesunken, so müßte sich die Dichtheit der Luft vermindert haben.

III. Man hat an diesem Instrumente mancherley Verbesserungen angebracht; besonders haben sich Fouchy und Gerstner um dessen Einrichtung verdient gemacht

§. 141.

Grenze der Atmosphäre.

I. Wenn die atmosphärische Luft blos schwer und nicht compressibel wäre, so würde man die Höhe des Luftkreises ziemlich genau bestimmen können. Denn da die atmosphärische Luft ungefähr 800mal specifisch leichter, als Wasser; eine Wassersäule aber von 32 Fuß mit dem Luftdrucke im Gleichgewicht ist, so müßte die Höhe der Atmosphäre 800mal 32 Fuß, d. h., 25600 Fuß betragen. Da aber die atmosphärische Luft die Fähigkeit hat, comprimirt zu werden, so ist klar, daß die höher liegenden Luftschichten allmählig an Dichte abnehmen, daß somit die Höhe der Atmosphäre weit mehr betragen müße, als 25600 Fuß. Sie wird da ihre Grenze finden, wo die Expansivkraft der Luft ihr kleinstes Maas erreicht hat.

II. Daß aber die Atmosphäre wirklich eine Grenze

habe, läßt sich aus dem Gesetze der Schwerkraft und der Expansivkraft der atmosphärischen Luft folgendergestalt nachweisen. Man denke sich (Fig. 56) um den Mittelpunct c zwey kugelförmige Räume, deren Halbmesser ca und cb sich wie 1:2 verhalten und wovon der kleinere mit Luft angefüllt ist. Betrachtet man nun das Lufttheilchen a in der Fläche des kleinern Kugelraums, so wird dasselbe vermöge der Schwerkraft nach c gezogen, vermöge seiner Expansivkraft aber hat es ein Streben, sich von c über a zu entfernen. Denkt man sich nun die in diesem Kugelraume enthaltene Luftmasse in dem größern leeren Kugelraume verbreitet, so wird, in Bezug auf das Lufttheilchen b, sowohl dessen Schwerkraft, als auch dessen Expansivkraft vermindert seyn. Da die Schwerkraft der Körper abnimmt, wie das Quadrat ihrer Entfernung vom Centrum zunimmt, so ist die Schwerkraft in b der vierte Theil von der Schwerkraft in a. Da aber die Expansivkraft gerade so abnimmt, wie die Räume, in welchen sich die Luft ausbreitet, zunehmen, so muß diese Kraft in b sovielmal kleiner, als jene in a seyn, sovielmal größer der große Kugelraum, als der kleinere ist. Da nun das Volum der größern Kugel das achtfache von jenem der kleinern ist, so beträgt auch die Expansivkraft in b nur ein Achtel von jener in a. Setzt man diese Betrachtungen weiter fort, so ergibt sich, daß die Expansivkraft der entferntern Luftschichten in weit größerem Verhältnisse abnehme, als ihre Schwerkraft. Es muß daher eine

Entfernung geben, in welcher die Schwerkraft und Expansivkraft der Luft sich im Gleichgewichte halten, und diese Entfernung bestimmt die Grenze der Atmosphäre.

III. Nach der Annahme von Mariotte kann die Luft aufs Höchste um das 4096fache verdünnt werden, woraus Derselbe die Höhe der Atmosphäre auf 15 französische Meilen, jede zu 2000 Toisen, berechnet. Nach de Luc soll sich die Grenze der Atmosphäre da befinden, wo die Luft einer Quecksilbersäule von einer Linie das Gleichgewicht halten könne. Die hierauf gegründete Rechnung gibt die Höhe der Atmosphäre 12½ franz. Meilen. Da man aber die Luft vermittelst einer guten Luftpumpe noch weit mehr verdünnen kann, so gibt de Luc für diese Höhe 17½ franz. Meilen an. Nach Hube könnte die Luft höchstens 1400mal dünner als an der Erdfläche werden, weil die vollkommensten Luftpumpen nicht mehr leisten. Diese Voraussetzung gibt die Höhe der Atmosphäre nicht vollkommen zu 8 geographischen Meilen. Das Resultat aller bisherigen Bemühungen der Naturforscher, die Höhe der Atmosphäre mit einiger Genauigkeit zu bestimmen, sind noch nicht mit dem Grade von Vollkommenheit gelungen, daß man sie als der Natur auch nur zum Theil entsprechend ansehen dürfte.

§. 142.

Das Luftschiff.

I. Ein bekannter hydrostatischer Satz hat ge-

lehrt, daß der specifisch leichtere Körper in dem schwereren emporsteigen muß. Gäbe es daher einen festen Körper, dessen Gewicht geringer wäre, als jenes der atmosphärischen Luft in seinem Raume, so müßte derselbe in der Luft sich erheben, und so lange darin aufsteigen, bis er in eine Luftschichte käme, welche mit ihm einerley specifisches Gewicht hätte. Hierauf beruht im Allgemeinen die Möglichkeit, daß auch specifisch schwerere Körper sich in der Luft erheben können, Aber wie kann dieses wirklich ausgeführt werden? Was die Geschichte der Physik darüber gelehrt hat, soll hier (nach Fischer's physikalischem Wörterbuche I. Band, Art. Aerostat.) mitgetheilt werden.

II. Der Jesuit Franz Lana, oder de Lanis hatte um das Jahr 1670 den Einfall, daß vier große kupferne Kugeln von dünnem Bleche, luftleer gemacht, nebst einem angehängten Schiffchen, wegen ihrer großen Räume weniger wiegen müssen, als die atmosphärische Luft in ihrem Volume. So richtig auch diese Behauptung in der Theorie seyn kann, so wenig ist es möglich, den Versuch wirklich zu Stande zu bringen. Dahin gehört auch der Vorschlag des französischen Domincaners Galien, welcher im Jahre 1755 in einer besondern Schrift, die Verfertigung eines sehr großen Kastens, mit verdünnter Luft gefüllt, angab, welcher sich in der Luft erheben müßte.

III. Nachdem um das Jahr 1766 der Engländer Cavendisch die große Leichtigkeit des brenn-

baren Gases (Wasserstoffgas) entdeckt hatte, gerieth bald nachher Dr. Black in Edinburg auf den Gedanken, daß eine dünne Blase, mit dieser Luft angefüllt, aufsteigen würde, ohne jedoch den Versuch anzustellen. Cavallo hingegen füllte im Jahre 1781 Seifenblasen mit diesem brennbaren Gase an, welche wirklich in die Höhe stiegen. Allein mit Blasen von Thieren oder mit Papier gelang ihm dieses nicht. Auch kam er auf den Einfall, daß die bekannte Goldschlägerhaut, wegen ihres geringen specifischen Gewichtes, vorzüglich brauchbar dazu seyn müßte.

V. Die eigentlichen Erfinder der Aerostaten waren die Gebrüder Stephan und Joseph Montgolfier im Jahre 1782. Der Aeltere verfertigte ein Parallelopipedum von Taffent von 40 Cubikfuß Inhalt, welches, nachdem es inwendig mit brennendem Papiere erhitzt ward, in freyer Luft eine Höhe von ungefähr 70 Fuß erreichte. Dadurch wurden sie veranlaßt, am 5. Juny 1783 einen Luftball zu Annonay aufsteigen zu lassen. Er war von Leinwand, mit Papier gefüttert, sein Umfang betrug etwa 100 Par. Fuße. Am Boden war eine Oeffnung, durch welche die zusammengefaltete Hülle vermittelst eines darunter gemachten Strohfeuers entfaltet wurde. Die Hülle schwoll auf, stieg etwa auf 1000 Toisen, blieb 10 Minuten in der Luft und fiel 7200 Fuß vom Orte des Aufsteigens nieder. Der Inhalt der Kugel war ungefähr 22000 Cubicfuß. Setzt man die Luft 800mal leichter, als Was-

ser, so verdrängte die Kugel 1560 Pf. atmosphärische Luft. Die innere, durch die Hitze verdünnte Luft rechneten sie halb so schwer, als die äussere, d. h. zu 780 Pfund, und die ganze Maschine wog 500 Pfund, folglich alles zusammen 1280 Pfund. Weil nun die hebende Kraft 1560 Pfunde betrug, so übertraf diese das Gewicht des Ganzen um 280 Pfunde und der Ball mußte schnell in die Höhe steigen.

VI. Als die Pariser Gelehrten von diesen Versuchen hörten, aber nicht wußten, wodurch der Luftball gefüllt worden war, so bedienten sie sich hierzu der brennbaren Luft. Charles, Prof. der Physik und die beyden Mechaniker Robert führten den Versuch am 27. August 1783 glücklich aus. Der Ball war von Taffent, mit Firniß überzogen; sein Durchmesser betug 12 Fuß und 2 Zoll, sein Inhalt etwa 943 Cubicfuß. Er wog ohne Luft 25 Pf. und stieg auf 488 Toisen. Erst nach 3/4 Stunden fiel er 5 Stunden weit von Paris sanft nieder.

VII. Der jüngere Montgolfier stellte am 19. September 1783, in Gegenwart des Königs, zu Versailles einen merkwürdigen Versuch an. Ein sphäroidischer, von Leinwand verfertigter Luftball, 57 Fuß hoch, 41 Fuß breit, wurde durch Verbrennung von 80 Pfund Stroh 240 Toisen hoch in die Luft geführt. Man gab ihm einen Hammel, eine Ente und einen Hahn in einem Käfige mit. Nach 8 Minuten fiel derselbe ganz sanft 1700 Toisen weit von dem Orte des Aufsteigens nieder.

VIII. Im October eben dieses Jahres verfertigte Montgolfier einen Luftball, 70 Fuß hoch und 46 Fuß breit, an welchem eine Gallerie von leichtem Holze, an Stricken hängend, befestigt ward. Unter die, 15 Fuß im Durchmesser haltende Oeffnung wurde eine Glutpfanne von Eisendrath angebracht, um darauf das Strohfeuer unterhalten zu können. Dieses Luftschiff bestieg der kühne Pilatre de Rozier, der sich auf die Gallerie gestellt hatte. Der Ball erhob sich auf 80 Fuß und wurde durch Stricke zurückgehalten. Einige Tage später wiederholte er die nämliche Auffahrt und versuchte, durch stärkeres oder schwächeres Feuer, sich mehr zu erheben oder herabzusenken. Später begleitete ihn Giroud de Vilette auf einer Luftreise, wobey sie eine Höhe von 324 Fuß erreichten.

IX. Nunmehr wagte auch der Marquis d'Arlandes mit Rozier eine Luftreise, ohne daß die Maschine mit dem Seile zurückgehalten wurde. Der Wind führte sie über einen Theil der Stadt und über die Seine, und sie stiegen nach 25 Minuten in einer Weite von 5000 Toisen unbeschädigt zur Erde. Im December 1783 unternahmen Charles und Robert in Paris abermahl eine Luftreise. Statt der Gallerie hängten sie unter dem Luftballe ein Schiffchen an. Sie füllten ihn mit brennbarer Luft und brachten eine Klappe an, um dieselbe beym Niederlassen zu öffnen. Den größten Versuch dieser Art machte aber der ältere Montgolfier im Januar 1784. Er, Rozier und noch fünf Andere be-

stiegen die Gallerie eines Balles, welcher 126 Fuß hoch, 104 Fuß breit, und mit verdünnter Luft gefüllt war. Diese Luftreise dauerte aber nur 12 Minuten, weil der Luftball einen Riß bekam, und schnell zur Erde herabsank.

X. Nach dieser Zeit sind die Luftbälle nicht mit erhitzter, sondern nach Charle's Methode mit brennbarer Luft gefüllt worden. Nun hatte Rozier den Einfall, eine Luftfahrt über die Meerenge zu machen, welche Frankreich von England trennt; allein Blanchard kam ihm hierin zuvor und endigte seine Reise glücklich. Pilatre de Rozier blieb ebenfalls auf seinem Gedanken, und stieg nebst seinem Freunde Romain mit einem doppelten Luftball, wovon der untere nach Montgolfier, der obere nach Charles eingerichtet war, in die Luft. Unglücklicher Weise gerieth die ganze Maschine in Brand und beyde stürtzten von einer ansehnlichen Höhe bey Boulogne herab und sind somit die ersten Opfer der Luftschiffahrt geworden.

XI. Dieser unglückliche Fall schreckte die Luftschiffer nicht ab. Blanchard ging vielmehr nach England und wagte mit dem Dr. Jefferies aus America, eine Luftreise über den Kanal zu machen, welche auch am 7. Januar 1785 binnen zwey Stunden, zwey und dreyßig Minuten glücklich ausgeführt wurde. Nach diesem begab sich Blanchard nach Deutschland, und hat an vielen Orten dergleichen Luftreisen angestellt. Er hat den sogenannten Fallschirm erfunden, welcher fast wie ein Regenschirm

gebildet ist, und im Nothfalle dazu dienet, um sich ohne grosse Gefahr von einer Höhe auf die Erde herabzulassen. Auch stellte man zu dieser Zeit mehrfache Versuche an, um den Luftball nach Belieben zu lenken, welche jedoch nur unvollständig gelungen sind.

XII. So interessant auch die Erfindung des Luftschiffes, als eine kühne und scharfsinnige Unternehmung ist, so unbedeutend sind bisher die eigentlich wissenschaftlichen Resultate davon gewesen, und das anfänglich wahrhaft grosse Unternehmen sank nach und nach zur gemeinen Ergötzung des Pöbels oder zum Erwerb von Abentheurern herab. Ausführliche Belehrung über die Luftschiffahrt findet man: in der Geschichte der Aerostatik, historisch, physisch und mathematisch ausgeführt von Kramp. Strasburg 1784, 4° Theil I. 1785. Theil II. Sodann: im Anhange zur Geschichte der Aerostatik von Kramp. Strasburg 1786, und: in der Beylage zu Kramp's Geschichte der Aerostatik, Gotha 1785.

§. 143.

Uebergang zur Lehre vom Schalle.

I. Die atmosphärische Luft bietet ausser den seither betrachteten Phänomenen der Schwerkraft und Expansivkraft, noch eine andere Reihe von höchst merkwürdigen Erscheinungen dar. In der atmosphärischen Luft bildet sich nämlich der Schall, worauf die gegenseitige Mittheilung durch die Sprache beruht, welcher die Menschen einen so wichtigen Theil ihrer geistigen Bildung verdanken. Da die Gesetze

und Phänomene des Schalles ebenfalls auf physischen Eigenschaften der atmosphärischen Luft beruhen, und diese das gewöhnlichste Mittel zu seiner Fortpflanzung ist, so wird die Lehre vom Schalle hier eine zweckmäßige Stelle finden.

II. Unter dem Worte Schall verstehen wir jede Empfindung, welche man dem Gehörsinne verdankt. Schall ist daher ein generischer Ausdruck, welcher eine unendliche Menge von Arten unter sich begreift. Im Besondern unterscheiden wir den Klang und den Ton. Jener besteht in einer Empfindung des Gehörs, woran wir Höhe und Tiefe unterscheiden, und man sagt z. B. die Glocke klingt. Der Ton dagegen ist jener vollkommene Schall, woran wir das Verhältniß von Höhe und Tiefe mit größter Klarheit wahrnehmen. Ein sehr heftiger, schnell vorübergehender Schall wird Knall genennt, z. B. der Knall der Kanone. Die Mannigfaltigkeit der verschiedenen Arten des Schalles ist, wie wir aus Erfahrung wissen, unendlich groß, und die Worte unserer Sprache reichen kaum hin, um jede kleine Verschiedenheit genau zu characterisiren.

III. Da der Schall als Wirkung eine veranlassende Ursache voraussetzt, welche zuerst in dem schallerregenden Körper zu suchen ist, so wird die Lehre vom Schalle am Natürlichsten mit der nähern Betrachtung jener Körper beginnen, welche im Stande sind, den Schall zu veranlassen. Da aber ferner die Luft das gewöhnliche Mittel ist, die Schwingungen der schallerregenden Körper fortzuleiten,

und unserem Ohre zuzuführen, so muß auch der Einfluß der Luft und die Gesetzmäßigkeit dieser Fortpflanzung näher betrachtet werden. Da endlich die Empfindung des Schalles eine Einwirkung der vibrirenden Lufttheilchen auf unser Organ voraussetzt, so verdient auch dieses eine kurze Betrachtung.

III. Daher zerfällt die Lehre vom Schalle in drey Abtheilungen; nämlich: von den schallerregenden Körpern; von der Art der Fortpflanzung der Luftschwingungen; von dem Organe des Gehörs.

§. 144.

Der schallerregende Körper.

I. Die Erfahrung lehrt, daß nicht jeder Körper im Stande ist, den Schall mit gleicher Leichtigkeit und Stärke zu erzeugen. Weiche Stoffe besitzen diese Fähigkeit nur in sehr geringem Grade; harte, mit Spannkraft versehene Körper dagegen sind vorzüglich geschickt zur Erregung des Schalles. Die Glocke, welche mit dem Hammer angeschlagen, das Stahlstäbchen, welches mit dem Violinbogen gestrichen wird, sind Beyspiele davon.

II. Auch bemerkt man sogleich, daß diese feste, mit Spannkraft versehene Körper, wenn sie den Schall veranlassen, in eine Schwingung ihrer Theilchen gerathen; so, daß eben durch diese Vibrationen der Schall zunächst hervorgebracht wird. An

vielen Körpern sind diese Schwingungen sichtbar zu erkennen, z. B. bey der Glocke, deren Rand mit dem Hammer angeschlagen wird, bey der bekannten Stimmgabel, bey gespannten Saiten, u. dgl.

III. Vorzüglich geschickt zur Erläuterung dieser Schwingungen sind die gespannten Saiten. Werden dieselben in Bewegung gesetzt, z. B. mit einem Violinbogen gestrichen, so gerathen sie in sichtbare Vibrationen, welche man besonders dann sehr deutlich wahrnimmt, wenn die gespannte Saite eine bedeutende Länge hat. Auch ist klar, daß die Spannkraft der Theilchen die Ursache dieser Schwingungen ist. Indem nämlich die gespannte Saite durch die äussere Kraft in Bewegung geräth, d. h. aus ihrer geraden Lage in eine krumme gebracht wird, so werden ihre Theilchen etwas von einander entfernt. Indem sie nun dem Streben, in ihre vorige Nähe zurückzugehen, folgen, schnellt die Saite nicht blos in ihre gerade Lage zurücke, sondern schwinget, vermöge der ihr ertheilten Bewegkraft, auf ähnliche Weise nach der andern Seite hin, kehrt aus gleichem Grunde wiederum zurücke, schwingt nach entgegengesetzter Richtung, und diese Bewegungen dauern so lange fort, bis sie durch den Widerstand der Luft aufgehoben werden. Da die gespannten Saiten diese Schwingungen am Deutlichsten erläutern und zugleich im Stande sind, bestimmte Töne hervorzubringen, so können sie sehr zweckmäßig zur nähern Entwickelung dieser Lehre benützt werden.

§. 145.

Höhe und Tiefe des Tons.

I. Wenn zwey Saiten, von einerley Materie verfertigt, gleiche Dicke haben und auf gleiche Weise gespannt, aber verschieden in ihrer Länge sind, so geben sie, gehörig in Bewegung gesetzt, verschiedene Töne. Wir nennen den Ton der kürzern Saite den höhern, jenen von der längern Saite den tiefern Ton. Da hier die kürzere Saite in schnellere Schwingungen geräth, als die längere, so beruht die physische Verschiedenheit beyder Töne darauf, daß der höhere durch eine größere, der tiefere dagegen durch eine kleinere Menge von Schwingungen in der nämlichen Zeit hervorgebracht wurde. Wenn man die Zahl dieser Schwingungen für einerley Zeit Z und z, die Längen der Saiten L und l nennt, so läßt sich beweisen, daß $Z : z = l : L$, d. h. die Zahl der in einerley Zeit vollbrachten Schwingungen steht hier im umgekehrten Verhältnisse der Längen der Saiten. Wäre z. B. die eine Saite halb so lang, als die andere, so würde sie in derselbigen Zeit noch einmal soviel Schwingungen, als jene machen.

II. Wenn man zwey Saiten von einerley Materie, von gleicher Länge und Dicke mit verschiedenen Kräften anspannt, und jede tönen läßt, so lehrt die Erfahrung, daß die mehrgespannte Saite den höhern, die weniger gespannte den tiefern Ton gibt. Da der höhere Grad von Spannkraft die Con-

tractilität der Theilchen der Saiten vermehrt, so folgt, daß die mit größerer Kraft gespannte in der nämlichen Zeit schneller schwingen wird, als die weniger gespannte. Der physische Grund der größern oder kleinern Tonhöhe ist also hier wiederum in der Zahl der Schwingungen zu suchen, welche jede Saite in einerley Zeit macht. Man kann zeigen, daß, wenn man die spannenden Kräfte K und k nennt, sich $Z : z = \sqrt{K} : \sqrt{k}$ verhalte, d. h. daß die Zahl der Schwingungen, bey einerley Zeit, im geraden Verhältnisse der Quadratwurzeln der Spannkräfte stehe. Wenn daher z. B. eine Saite mit der vierfachen Kraft einer andern, ihr übrigens durchaus gleichen, gespannt wird, so vollbringt sie in der nämlichen Zeit noch einmal so viele Schwingungen, als jene.

III. Läßt man zwey Saiten tönen, welche von gleicher Materie, gleicher Länge und auch gleich stark gespannt sind, aber verschiedene Dicke haben, so wird die dünnere Saite den höhern, die dickern den tiefern Ton hervorbringen. Da, bey gleicher Spannkraft und Länge, die dünnere Saite offenbar in schnellere Bewegungen, die dickere aber in weniger schnelle Vibrationen gerathen muß, so geht auch hieraus wiederum hervor, daß das Verhältniß der Tonhöhe oder Tiefe von der Zahl der in einerley Zeit vollbrachten Schwingungen abhängig sey. Man kann beweisen, daß $Z : z = d : D$, wenn man unter d und D die Dicke der Saiten versteht; d. h. die Zahl der in einerley Zeit gemachten Schwingungen

steht hier im umgekehrten Verhältnisse der Dicke der Saiten. Wäre z. B. eine Saite halb so dick als eine andere, so würde jene noch einmal so schnell schwingen, als diese.

§. 146.

Fernere Folgerungen daraus.

I. Aus dem Vorhergehenden folgt deutlich, daß die Höhe oder Tiefe der Töne, welche durch gespannte Saiten entstehen, im Allgemeinen von der Menge der Schwingungen abhänge, welche in gleicher Zeit vollbracht werden. Im Besondern aber hängt die Tonhöhe von der Länge, Spannkraft und Dicke der Saiten ab. Das allgemeine Verhältniß ist daher dieses:

$$Z : z = l.\sqrt{K}.d : L.\sqrt{k}.D$$

d. h. die Schwingungszahl steht bey einerley Zeit im zusammengesetzten Verhältnisse aus dem geraden der Quadratwurzeln der Spannkraft und aus dem umgekehrten der Längen und Dicken der Saiten.

II. Nimmt man die Saiten von gleicher Länge, oder $l = L$, so wird $Z : z = \sqrt{K} : \sqrt{k}.D$, d. h. bey einerley Längen steht die Zahl der Schwingungen im zusammengesetzten Verhältnisse aus dem geraden der Quadratwurzeln der Spannkraft in das verkehrte der Längen.

III. Setzt man $K = k$, d. h. die Spannkraft bey jeder Saite gleich, so wird $Z : z = l.d : L.D$ d. h. bey einerley Spannkraft steht die Zahl der Schwingungen

im zusammengesetzten Verhältnisse aus dem umgekehrten der Längen und Dicken.

IV. Wäre $d = D$, oder die Dicke beyder Saiten gleich, so würde $Z : z = l . \sqrt{K} : L . \sqrt{k}$, oder: bey einerley Dicke steht die Zahl der Schwingungen im zusammengesetzten Verhältnisse aus dem geraden der Quadratwurzeln der Spannkraft in das umgekehrte der Länge.

V. Hieraus folgt, daß Töne gleiche Höhe oder Tiefe haben, wenn sie durch gleichzeitige Schwingungen veranlaßt werden, d. h. wenn bey ihnen $Z = z$ ist. Allein für diese Annahme wird auch

$$l . \sqrt{K} . d = L . \sqrt{k} . D.$$

Daher haben auch unter folgenden drey Bedingungen die Töne einerley Höhe:

1. Wenn $l : L = \sqrt{k} . D : \sqrt{K} . d$
2. Wenn $\sqrt{K} : \sqrt{K} = L . D : l . d$
3. Wenn $d : D = L . \sqrt{k} : l . \sqrt{K}$.

Es ist leicht, diese Verhältnisse mit entsprechenden Worten auszudrücken.

§. 147.

Musicalische Grundverhältnisse.

I. Wenn zwey Saiten, nach den im vorigen §. entwickelten Bedingungen, in der nämlichen Zeit gleich viele Schwingungen machen, obschon sie an Länge, Dicke und Spannkraft verschieden seyn können, so erzeugen sie einerley Ton, und bilden daher den Einklang.

II. Um aber mit einerley Saite verschiedene Töne zu erzeugen, dient eine Vorrichtung, welche man Monochord nennt. Ueber einem Resonanzboden ist eine Saite von gehöriger Länge dergestalt befestigt, daß sie durch verschiedene Gewichte mehr oder weniger gespannt, auch durch einen beweglichen Steg in beliebige Theile abgetheilt und jedesmal mit dem Violinbogen gestrichen werden kann. Nimmt man hierbey nicht auf die verschiedene Dicke und Spannkraft, sondern nur auf die Länge Rücksicht, so entstehen folgende musicalische Grundverhältnisse.

III. Wenn man die gehörig gespannte Saite nach ihrer ganzen Länge tönen läßt, so heißt man den entstehenden Ton den Grundton, und aus den verhältnißmäßigen Verkürzungen der Saite entspringen nachfolgende besondere Töne:

1/2	der Länge	gibt	die nächst höhere Octave des Grundtons		
2/3	—	—	Quinte	—	—
3/4	—	—	Quarte	—	—
4/5	—	—	große Terze	—	—
5/6	—	—	kleine Terze	—	—
3/5	—	—	große Sexte	—	—
5/8	—	—	kleine Sexte	—	—
1/3	—	—	die nächst höhere Octave der Quinte		
1/5	—	—	die zweyt höhere Octave der großen Terze.		

III. Da sich hier die Zahlen der Schwingungen umgekehrt, wie die Längen der Saiten verhalten, so

ist es leicht, das Verhältniß der Schwingungszahl für diese Töne anzugeben. Wenn nämlich die Saite des Grundtons eine Schwingung macht, so macht jene seiner nächst höhern Octave in der nämlichen Zeit zwey Schwingungen. Da die Quinte aus $^2/_3$ der Saitenlänge des Grundtons entspringt, so verhalten sich die Mengen der Schwingungen hier wie $^2/_3 : 1$, oder wie $2 : 3$ d. h. wenn die Saite des Grundtons zwey Schwingungen macht, so schwingt jene der Quinte in der nämlichen Zeit dreymal u. s. w.

§. 148.

Die Schwingungsknoten.

I. Nach der ältern Meynung glaubte man, daß bey den Bewegungen der schallerregenden Körper alle kleinste Theilchen derselben in gleichmäßige Vibration geriethen und somit in gleicher Erzitterung begriffen wären. Diese Ansicht hat aber der verdienstvolle Chladni durch die interessante Entdeckung der Schwingungsknoten oder Schwingungspuncte vollkommen widerlegt und hierdurch über die Schwingungsbewegungen der schallerregenden Körper neues Licht verbreitet.

II. Die Saite des Monochords sey durch den Steg in zwey gleiche Theile getheilt, man lege an verschiedenen Stellen kleine Papierstückchen auf die Saite, auch eines davon auf die Stelle, wo die Saite den Steg berührt, und streiche sie nun mit einem Violinbogen an. Hier werden alle Papier-

chen herabfallen, nur jenes nicht, was sich über dem Stege befindet. Die zwey Hälften der Saite sind nämlich gegenseitig in schwingender Bewegung um den unterstützten Punct begriffen, welcher als der Ruhepunct anzusehen ist. Da dieser Punct unbewegt bleibt, so nennt man ihn Schwingungspunct.

III. Wenn man die Saite des Monochordes in drey gleiche Theile theilt, den Steg ans Ende des ersten Drittheils stellt; auf das Ende des zweyten Drittheils sowohl, als auch an andere Stellen der Saite wieder Papierchen legt und nun den kürzern Theil der Saite mit dem Violinbogen streicht, so fallen alle, mit Ausnahme jener auf den zwey Abtheilungspuncten befindlichen herab. Hieraus folgt, daß diese zwey Abtheilungspuncte die beyden Schwingungspuncte sind, um welche die Saite in drey gleichen Stücken gegenseitig hin und her schwingt.

IV. Theilt man die Saite so ab, daß sich der Steg am Ende von ein Viertheil ihrer Länge befindet, und legt sowohl auf die andern Abtheilungspuncte, als auch zwischen sie leichte Papierchen, so werden alle herabfallen, wenn man den kürzern Theil tönen läßt; mit Ausnahme jener drey, welche sich auf diesen Abtheilungspuncten befinden. Hier zeigen sich drey Schwingungspuncte, um welche die Saite in vier gleichen Theilen ihre gegenseitige Schwingungen macht. Setzt man diese Versuche fort, so findet man bey $1/5$ der Saite 4; bey $1/6$ derselben 5; bey $1/7$ ihrer Länge 6 Schwingungspuncte u. s. w.

V. Das allgemeine Gesetz, welches Chladni als Resultat dieser Versuche gefunden hat, ist folgendes: Wenn man den mit dem Violinbogen gestrichenen Theil der Saite als Zähler, die ganze Länge der Saite aber als Nenner eines Bruches betrachtet, diesen Bruch zur kleinsten Benennung bringt, und seinen Zähler vom Nenner abzieht, so zeigt die Differenz die Zahl der Schwingungspuncte an. Läßt man z. B. $2/5$ der Saite tönen, so gibt es drey Schwingungspuncte; bey $5/7$ gibt es zwey, bey $4/6 = 2/3$ gibt es einen Schwingungspunct u. s. w.

VI. Noch verdienen hier die Longitudinalschwingungen Erwähnung, welche entstehen, wenn eine gespannte Saite unter einem sehr spitzen Winkel mit dem Violinbogen gestrichen wird. Die Töne sind unangenehm und viel höher, als bey den gewöhnlichen Transversalschwingungen. Chladni hat diese Längenschwingungen zuerst entdeckt.

§. 149.

Die Klangfiguren.

I. Daß sich dergleichen Schwingungspuncte nicht blos bey tönenden Saiten, sondern auch bey andern klingenden und tönenden Körpern zeigen, hat Chladni durch die sogenannten Klangfiguren sehr anschaulich bewiesen. Es sey (Fig. 57.) abcd eine quadratische, etwa vier Zolle an der Seite betragende Scheibe von dünnem und reinem Glase. Man fasse sie dergestalt zwischen dem Daumen und Mittelfinger der linken Hand, daß die Fingerspitzen am

Mittelpuncte der Scheibe einander gegenüberstehen, halte dieselbe wagrecht, bestreue sie mit dünnem reinem Sande und streiche nun, vermittelst eines mit Colophonium bestrichenen Violinbogens, an dem Winkelpuncte b mit mäßigem Drucke herab. Die Scheibe wird klingen, der Sand in Bewegung gerathen, und, wenn der Strich einigemal wiederholt worden ist, die Figur der Tafel bilden. Offenbar müssen jene Stellen der Glasscheibe, von welchen sich der Sand springend hinwegbewegt, die vibrirenden, jene aber, an welchen er sich anhäuft, die beynahe ruhenden, d. h. die Schwingungspuncte seyn. Hierbey ist merkwürdig, daß das Anstreichen in b eine ähnliche Bewegung in den homologen Stellen a, d und c bewirkt; gerade so, wie verhältnißmäßige Theile einer schwingenden Saite in gleichmäßige Vibrationen gerathen.

II. Hält man die quadratische Glasscheibe (Fig. 58) m n o p so wie vorhin, bestreut sie mit Sande, und streicht nun in q an, so bildet sich die Figur der Zeichnung. Da der Sand hier an den drey übrigen homologen Stellen hinweg springt, so müssen diese in gleichmäßige Schwingung gerathen seyn; die Stellen aber, an welchen sich der Sand anhäuft, sind die weit weniger bewegten, beynahe ruhenden, d. h. die Schwingungsknoten.

III. Bedient man sich zu diesem Versuche der Glasscheibe (Fig. 59.) a b c d, welche man in a oder b dämpfet, indem man sie hier mit einem festen Körper in Berührung bringt, und dann in n anstreicht,

so bildet sich von dem in Bewegung gesetzten Sande die Figur der Zeichnung, woran man wieder die schwingenden und ruhenden Stellen erkennt. Wenn man die Glasscheibe (Fig. 60) auf gleiche Weise zwischen den Fingern hält, bey a gegen die Schärfe irgend eines Körpers anstemmt und nun bey h, in einer Entfernung von 30°, mit dem Violinbogen streicht, so bildet der Sand die sternförmige Figur der Zeichnung; so, daß hier die Vibration in h ähnliche Schwingungen an den fünf übrigen homologen Stellen hervorbringt. Diese Klangfiguren lassen sich auf höchst mannigfaltige Weise abändern, je nachdem man die Glasscheiben an andern Stellen dämpft und an andern anstreicht.

IV. Daß diese Lehre nicht blos von schwingenden Saiten und klingenden Glasscheiben gelte, sondern überhaupt auf alle tönende Körper anwendbar sey, bestättigen noch folgende Versuche. Wenn man ein gewöhnliches Schoppenglas von reinem dünnem Glase etwa zwey Drittheile mit Wasser anfüllt, den Rand mit irgend einem spitzen Körper in Berührung bringt und nun mit dem Violinbogen in einer Entfernung von 45° denselben anstreicht, so wird das Wasser im Glase an vier entgegenstehenden Puncten in zitternde Bewegung gerathen und in höchst feinen Tröpfchen emporspringen; zum Beweise, daß es auch hier schwingende und ruhende Stellen gibt. Auch bey einer Glocke, deren Rand vermittelst eines Hammers angeschlagen wird, zeigen sich ähnliche vibrirende Stellen. Ueberhaupt geht

aus allen diesen Versuchen das Resultat hervor, daß bey tönenden Körpern jeder Art die kleinsten Theilchen nicht in gleichmäßiger Vibration begriffen sind, sondern daß es in ihnen Stellen gibt, welche beynahe ruhen, indeß andere um sie her in schwingende Bewegung gerathen.

§. 150.

Wirkung der schallerregenden Körper auf die Luft.

I. Die Vibration der schallerregenden Körper würden in uns die Empfindung des Hörens nicht veranlassen können, wenn es nicht ein Medium gäbe, welches im Stande ist, diese Schwingungen gehörig fortzupflanzen und unserem Ohre zuzuführen. Dieses Medium ist (in den meisten Fällen, doch nicht ausschließlich) die atmosphärische Luft, worin wir uns befinden. Sie bildet daher den allgemeinen Träger des Schalles, und ohne ihr Daseyn würde es auch für uns keine Wortsprache geben.

II. Die Fähigkeit der Luft, jene Vibrationen fortzuleiten, welche der schallerregende Körper zunächst in ihr veranlaßt, ist aus ihrer Schwerkraft und aus der dadurch bewirkten Spannkraft ihrer Theilchen erklärlich. Die Luft kann somit einer gespannten Saite in sofern gleich gestellt werden, als ihr die Spannkraft ihrer Theilchen das Vermögen verleihet, in verhältnißmäßige Vibrationen zu gerathen. Gleichwie die schlaffe Saite, weil ihr der nöthige Grad von Contractilität fehlt, nur schwach oder gar nicht tönet, so ist auch die allzu dünne

Luft, wegen der verminderten Spannkraft ihrer Theilchen nicht im Stande, in kräftige Schwingungen zu gerathen. Daher vermindert sich der Schall eines Schlagwerks unter dem Recipienten der Luftpumpe bey der allmähligen Verdünnung der Luft; daher verliert der Schall an Stärke auf der Spitze hoher Gebirge, wo ebenfalls eine weit dünnere, d. h. mit geringerer Spannkraft versehene Luftmasse vorhanden ist. Aber wie pflanzen sich die Schwingungen der schallerregenden Körper durch die Luft fort?

III. Die Bewegungen, welche bey der Fortpflanzung der Schallschwingungen in der Luft entstehen, sind nicht von der Art, daß sie, dem Winde gleich, in großer Masse vom schallerregenden Körper ausgehend, sich allerwärts im Raume verbreiteten. Denn die Erfahrung hat gelehrt, daß ein auch starker Schall die so leicht bewegliche Lichtflamme nicht in Bewegung setzt. Die Fortpflanzung der Schallschwingungen muß daher auf andere Weise erfolgen. Man denke sich z. B. den schallerregenden Körper im Centrum stehend, so werden die Vibrationen, in die er geräth, zuerst auf die ihn allseitig umgebende Luft einwirken. Die zunächst liegenden Lufttheilchen werden schnell comprimirt, dehnen sich, nach dem Gesetze ihrer Spannkraft, wiederum aus, wirken hierdurch auf die ihnen am Nächsten liegenden Lufttheilchen auf ähnliche Art. Daher werden auch diese comprimirt und wirken, indem sie sich wiederum herstellen, auf ihre benachbarten eben

so ein, u. s. w. Hieraus folgt, daß die Fortpflanzung der Schallschwingungen durch die Luft eine wellenförmige sey, welche auf der gegenseitigen Compression und Expansion der benachbarten Luftschichten beruhet. Da dieses pendelartige Hin- und Herschwingen in den kleinsten Theilchen der Luft Statt findet, so bleibt die Luftmasse im Ganzen unbewegt.

IV. Als Beyspiel zur ungefähren Erläuterung dieser Schallwellen denke man an die Kreise, welche entstehen, wenn ein Stein auf die ruhige Wasserfläche geworfen wird. Gleichwie hier die kreisförmige Wellenbewegung, vom Mittelpuncte ausgehend, sich allmählig erweitert, und durch diese Erweiterung an Stärke abnimmt, auf ähnliche Weise entwerfe man sich das Bild von den in der Luft entstehenden Schallwellen und ihrer allmähligen Verbreitung. Die Kreise auf dem Wasser haben nur in der Ebene statt; die Luftwellen aber müssen sich, in Bezug auf den schallerregenden Körper im Mittelpuncte, allseitig im Raume, nach Gestalt einer sich immer erweiternden Kugelfläche verbreiten. Da die Luft eine unsichtbare und dabey so höchst feine Flüssigkeit ist, so können wir uns diese allmählige Fortpflanzung der Schallwellen nur im Bilde unserer Einbildungskraft vorstellen.

§. 151.

Geschwindigkeit der Schallwellen.

I. Die Geschwindigkeit, mit welcher die Fortpflanzung dieser Schallwellen in der Luft geschieht,

mußte zuerst durch Versuche erforscht werden. Die französischen Academiker Cassini, Maraldi, de la Caille haben im Jahre 1738 auf einer Standlinie von 14636 Toisen dergleichen Versuche mit vieler Genauigkeit angestellt. Sie fanden, daß die Schallwellen in einer Secunde einen Weg von 1038 —1040 Fuß zurücklegten. Neuere Versuche stimmten mit diesen ältern ziemlich scharf überein. Nach Biot durchläuft der Schall, bey der Temperatur der Eiskälte, 1026 Par. Fuß; nach Benzenberg bey 28″ Barometerstand und 0° R. aber einen Weg von 1028 Par. Fuß.

II. Da das Licht, auch bey den größten Entfernungen auf unserer Erde, sich augenblicklich fortpflanzt, der Schall dagegen eine bedeutende Zeit zu seiner Fortpflanzung durch große Räume nöthig hat, so kam man auf den Gedanken, diese Resultate zur ungefähren Bestimmung von Entfernungen anzuwenden. Wenn man z. B. die Zeit nach Secunden bestimmt, welche von dem Augenblicke verfließet, in welchem man das Feuer einer in der Entfernung abgebrannten Kanone sieht, bis dahin, wo man ihren Knall hört, und für jede Secunde ungefähr 1038 Fuß rechnet, so hat man das beyläufige Maas der Entfernung der Kanone von dem Orte des Beobachters gefunden. Auf gleiche Weise kann man die Secunden zählen, welche zwischen dem Sichtbarwerden des Blitzes und dem Hören des Donners verfließen, um die Weite ungefähr zu bestimmen in welcher sich der Blitz von dem Beobach-

tungsorte der Erde gebildet hat. Aus gleichem Grunde pflegt man in stürmischen Nächten am Gestade des Meeres Kanonen abzubrennen, um den Seefahrern ein ungefähres Maas ihrer Entfernung von der Küste zu geben. Eben darauf beruht die bekannte Erscheinung, daß man, wenn in der Entfernung ein Baum gefällt wird, die Axte eher auftreffen sieht, den Schall aber weit später erst höret. Je weiter man sich vom Baume entfernt, desto größer wird die Zwischenzeit.

§. 152.

Gleichförmiges Fortschreiten der Schallwellen.

I. Vielfach angestellte genaue Versuche haben gelehrt, daß sich die Schallwellen mit gleichförmiger Bewegung fortpflanzen, d. h. daß sich die Räume, welche sie durchlaufen, gerade so, wie die Zeiten verhalten, binnen welchen dieses geschieht. Der Schall pflanzt sich daher in zwey Secunden ungefähr auf zweymal 1038; in drey Secunden auf dreymal 1038; in vier Secunden auf viermal 1038 Fuß fort u. s. w. Hierbey ist ferner merkwürdig, daß der starke Schall gleich dem schwachen mit gleicher Geschwindigkeit fortschreitet. Der betäubende Kanonenknall und der sanfte Ton der Flöte befolgen hier das nämliche Gesetz. Auf der Richtigkeit dieses Gesetzes beruht zum Theil auch die ungefähre Bestimmung der Entfernungen im vorhergehenden §.

II. Da die Erfahrung die Gleichförmigkeit der Fortpflanzung der Schallwellen gelehrt hat, so müssen wir das pendelartige Hin- und Herschwingen der kleinsten Lufttheilchen, wodurch die Schallwellen fortgeleitet werden, immer als gleichzeitig ansehen; auch ist es kein Widerspruch, daß Luftschwingungen von größerer und von geringerer Stärke dennoch in gleicher Zeit vollbracht werden können.

§. 153.

Abnahme der Stärke der Schallwellen.

I. Die Erfahrung lehrt genugsam, daß der Schall an Stärke abnimmt, wie die Entfernung zwischen dem schallerregenden Körper und dem Ohre zunimmt, bis endlich der Schall gar nicht mehr wahrnehmbar wird. Diese Erscheinung folgt im Allgemeinen daraus, daß die Vibration des schallerregenden Körpers als die anfängliche Bewegkraft zu betrachten ist, welche sich durch die allmählige Fortpflanzung der Schallwellen einer immer größer werdenden Luftmasse mittheilt. Daher muß auch diese Kraft in gleichem Maase geschwächt, und einmal ganz und gar aufgehoben werden.

II. Man kann aber auch das Gesetz finden, nach welchem sich die Stärke des Schalles vermindert. Es heißt: die Stärke des Schalles nimmt ab, wie das Quadrat der Entfernung des Ohrs vom schallerregenden Körper zunimmt. Der Grund davon ist folgender. Man denke sich um den schallerregenden Körper in

der einfachen Entfernung eine kugelförmige, sehr dünne Luftschichte, so werden alle Theilchen derselben durch die, von dem schallenden Körper veranlaßten und immer weiter schreitenden Schallwellen in Bewegung gesetzt. Denkt man sich nun in der doppelten Entfernung eine zweyte kugelförmige Luftschichte, so werden die Lufttheilchen in ihr, durch weiteres Fortschreiten jener Schallwellen, in Bewegung gerathen. Da aber in dieser zweyten Luftschichte die Menge der Lufttheilchen viermal so groß, als in der ersten ist, (denn die Kugelräume stehen im geraden Verhältnisse des Quadrates ihrer Halbmesser), so wird auch jedes dieser Theilchen mit einer viermal kleinern Kraft in Bewegung gesetzt; d. h. in der doppelten Entfernung muß die Stärke der gegenseitigen Zusammenpressung und Wiederherstellung der Lufttheilchen, d. h. die Stärke des Schalles auf $1/4$ der Stärke in der einfachen Entfernung vermindert worden seyn.

§. 154.

Einfluß des Windes auf die Fortpflanzung der Schallwellen.

I. Wenn der Wind eine Richtung hat, welche sich von dem schallerregenden Körper nach dem Beobachter hinerstreckt, so wird der Schall früher vernommen, als bey gänzlich unbewegter Luft, und die Erfahrung lehrt, daß die Fortpflanzung der Schallwellen mit der Stärke des Windes im geraden Ver-

hältnisse stehe. Die Ursache davon ist einleuchtend. Da nämlich der Wind in einem wirklichen Fortschreiten größerer Luftmassen besteht, in welchen die Schallschwingungen sich gebildet haben, so müssen auch die Vibrationen bey dieser günstigen Richtung des Windes, früher zum Ohre des Beobachters gelangen. Wenn dagegen der Wind von dem Orte des Beobachters gegen den schallerregenden Körper hinweht, so wird die Fortpflanzung des Schalles zurückgehalten, und zwar mehr oder weniger, je nachdem der Wind eine größere oder geringere Stärke hat. Heftige Winde verwehen den Schall, wie man sagt, d. h. die höchst feinen Luftschwingungen werden durch die gewaltsame Bewegung der Luft sowohl an ihrer Regelmäßigkeit, als auch an ihrer Stärke gestört.

II. Wenn die Richtung des Windes senkrecht steht auf einer geraden Linie, welche man sich zwischen dem schallerregenden Körper und dem Beobachter denkt, so wird die Geschwindigkeit der Schallwellen nicht im mindesten gestörf. Dies haben vielfache Erfahrungen ausser Zweifel gesetzt. Da durch diesen Seitenstrom der Luft immer andere, jedoch den vorigen durchaus gleiche, Lufttheilchen zwischen den schallerregenden Körper und den Beobachter treten, so müssen diese auf gleiche Weise in Vibration gesetzt werden, wie dieses bey unbewegter Luftmasse geschieht. Hat der Wind eine schiefe, mittlere Richtung, so wird die Schnelligkeit der Schallwellen zum Theil befördert oder vermin-

dert werden, nachdem die Luft mehr gegen den Ort des Beobachters, oder gegen jenen des schallerregenden Körpers hinströmt.

§. 155.

Einfluß der verschiedenen Dichtheit der Luft auf den Schall.

I. Die Erfahrung lehrt, daß bey Zunahme der Dichtheit der Luft sowohl die Stärke des Schalles, als auch die Geschwindigkeit seiner Fortpflanzung vermehrt wird. Zur Erklärung dieser Erscheinungen mag man die dichtere Luft mit einer mehr gespannten Saite vergleichen. Gleichwie bey dieser, durch die vermehrte Contractilität, kräftigere Vibrationen entstehen, so wird auch die dichtere Luft, wegen des höhern Grades der Spannkraft ihrer Theilchen, die Fähigkeit haben, in stärkere Schwingungen zu gerathen.

II. Umgekehrt lehren die Versuche, daß in der verdünnten Luft sowohl die Stärke, als die Geschwindigkeit des Schalles vermindert wird. Die verdünnte Luft gleichet der schlaffen Saite, welcher es, wegen des verminderten Maases ihrer Spannung, an der Fähigkeit gebricht, in schnelle Vibration zu gerathen. Die Versuche mit der Luftpumpe haben gelehrt, daß der Schall eines unter den Recipienten gestellten Schlagwerkes bey allmählig dünner werdenden Luft, allmählig geschwächt und endlich kaum mehr hörbar wird. Aehnliche Erfahrung-

en haben Reisende gemacht, welche Berge von bedeutender Höhe bestiegen, auf welchen die Luft ebenfalls bedeutend verdünnt ist. Hieraus folgt, daß die Stärke und Schwäche, die größere und kleinere Geschwindigkeit des Schalles vom Barometerstande abhängig sey.

§. 156.

Fortpflanzung der Schallvibrationen durch feste Körper.

I. Daß die atmosphärische Luft nicht das einzige Medium zur Fortpflanzung der Schallvibrationen sey, sondern daß auch feste Körper, besonders contractile Massen, die Fähigkeit haben, in Schwingungen zu gerathen, und dieselben durch ihre Masse fortzuleiten, lehren vielfache Versuche und Beobachtungen. Ja man findet, daß sich diese Vibrationen durch solche Körper oft mit größerer Stärke und Schnelligkeit, als in der Luft fortpflanzen. Wenn man z. B. ein Stahlstängchen, einige Linien in der Dicke und drey bis vier Fuß in der Länge, mit dem einen Ende zwischen die Zähne faßt, und mit dem andern auf den Resonanzboden einer Violine oder eines Claviers legt, so werden die Töne dieser Instrumente mit größerer Stärke vernommen. Oder man lege ein ähnlich gestaltetes Stäbchen von trockenem Holze mit einem Ende auf eine gehende Sackuhr und halte das andere z. B. an den knorpeligen Theil des Ohres, oder an den Backenknochen, so wird dieses den Schall der Uhr verstärken.

Dasselbige bemerkt man, wenn die Uhr auf eine hölzerne Tischplatte gelegt wird. Befindet sie sich aber auf irgend einem weichen Körper, so vernimmt man den Schall mit weit geringerer Stärke. Hieher gehört auch die Erscheinung des Zitterns der steinernen Wände des Hauses, wenn über das Pflaster der Straße ein Wagen schnell vorbeyfährt.

II. Auf dieser Fähigkeit fester Körper, in Schwingungen zu gerathen und durch diese Schwingungen die Vibrationen der Lufttheilchen zu verstärken, beruht die bekannte Wirkung der Resonanzböden bey musicalischen Instrumenten. Wollte man z. B. die Violinsaiten über ein massives Holz spannen, welches mit der Violine vollkommen gleiche Gestalt hätte, so würden sie sehr unbedeutend tönen. Der obere Boden der Violine besteht aber aus dünnem, trockenem Holze, und gestattet durch seine Oeffnungen eine Verbindung der innern und äussern Luft. Werden die Saiten durch den Bogenstrich in Schwingungen versetzt, so theilen sich diese nicht nur dem contractilen Holze, sondern auch der in dem innern Raume befindlichen Luft mit, wodurch sie einen höhern Grad von Stärke erhalten. Auf gleiche Weise wirkt der Resonanzboden des Claviers und vieler andern Instrumente.

III. Ueber die Fähigkeit fester Körper, diese Vibrationen fortzuleiten, hat Perolle vielfache Versuche angestellt. Die Hölzer folgen nach dieser Ordnung: Weistannen, Brasilienholz, Buxbaum, Eichen, Kirschbaum, Kastanien; die Metalle: Ei-

sen, Kupfer, Silber, Gold, Zinn, Bley; andere Körper: Schnüre von Darm, Haare, Seide, Hanf, Flachs, Wolle, Baumwolle. Auch stellte er Versuche mit Flüssigkeiten an. Das Schlagen einer Taschenuhr hörte er in der Luft auf 8 Fuß; wurde die Uhr an einem Faden ins Wasser gehängt, auf 20 Fuß; in Olivenöl auf 16 Fuß; in Terpentinöl auf 14 Fuß; im Weingeist auf 21 Fuß. Den Klang eines Schlagwerks unter einer mit atmosphärischer Luft gefüllten Glocke, hörte er auf 56 Fuß, 9 Zoll; in Sauerstoffgas auf 63 Fuß; in kohlensaurem Gas auf 48 Fuß, 5 Zoll; in Wasserstoffgas auf 11 Fuß.

IV. Besonders lehrreich waren die Versuche, welche Biot im Jahre 1808 zu Paris an einer Verbindung von Rohrstücken aus Gußeisen angestellt hat. Diese Rohrstücke bildeten eine zusammenhängende Linie von 2928 Par. Fuß, und die Vorrichtung war so getroffen, daß zur Nachtszeit der Hammer auf eine Glocke schlug, welche sich an dem einen Ende in der Mündung befand. Zu gleicher Zeit erregte derselbe auch einen Schall an der Wand der Röhrenleitung. Die Beobachter am andern Ende hörten jeden Schall doppelt; einmal auf die gewöhnliche Weise durch die in der Röhre eingesperrte Luft, dann aber vermittelst der Fortpflanzung der Vibrationen durch die Eisenmasse. Dieser letztere Schall wurde früher vernommen, als jener, und die Zwischenzeit durch genaue Chronometer bestimmt. Bey einer Länge von 607 1/4 Par. Fuß betrug sie 0,542 Secunden; bey der Länge von 2928 1/3 Par. Fuß

aber 2,51 Secunden. Die Temperatur war + 11°. Da nun für eine Entfernung von 2928 1/3 Par. Fuß die Fortpflanzungszeit des Schalles durch die Luft, bey obiger Temperatur, 2,79 Secunden beträgt, so ist der Unterschied der Fortpflanzungszeit der Schwingungen durch die Luft und durch die Röhre = 2,79 — 2,51 = 0,28 Secunden. Daher pflanzen sich die Schallschwingungen durch die Röhre ungefähr zehnmal so schnell fort, als durch die atmosphärische Luft.

§. 157.

Reflexion der Schallwellen.

I. Die Erfahrung lehrt, daß die Stimme eines Sprechenden verstärkt wird, wenn sich derselbe in einem Gemache befindet, welches von glatten, harten Wänden umschlossen ist; im Freyen dagegen wird die Stimme bedeutend an Stärke verlieren. Wenn man durch lange, mit steinernen Platten belegte und mit glatten Wänden umschlossene Gängen mit festem Fußtritte geht, so wird der Schall bedeutend verstärkt. Man heißt dieses den Wiederhall. Wenn die Wände des Gemachs oder des Ganges mit Tapeten oder mit Teppichen bedeckt sind, so fällt dieser Wiederhall ganz und gar, oder zum Theile weg. Einen ähnlichen Wiederhall bemerkt man auch z. B. in Kirchen. Diese Verstärkung des Schalles muß ihren Grund zunächst in den harten, glatten Körpern haben, welche der Stimme des Sprechenden, oder dem Geräusche des Fußtrittes entge-

genstehen. Man nennt diese Erscheinung die Verstärkung des Schalles durch Reflexion oder durch Zurückwerfung.

II. Da nämlich die Schallwellen in höchst feinen Vibrationen der Luft bestehen, so werden dieselben, wenn sie, von dem Orte des Urschalles ausgehend, in ihrer Fortbewegung bis zur harten, glatten Wand gelangen, an dieselbe anstoßen und durch ihre Gegenwirkung wiederum zurückgeworfen werden; so, daß eine ähnliche Wellenbewegung von der reflectirenden Wand zum Orte des Urschalles zurückkehrt. Da die Luft eine elastische Masse ist, so wird diese Zurückwerfung dem nämlichen Gesetze folgen, worauf die Reflexion harter, elastischer Körper von harten Ebenen beruht. Dieses Gesetz heißt: ein elastischer Körper, welcher in senkrechter oder schiefer Richtung gegen eine harte Ebene anstößt, wird dergestalt von ihr zurückgeworfen, daß der Zurückwerfungswinkel dem Einfallswinkel gleich ist; auch liegen beyde Winkel in der nämlichen Ebene. Da sich nun die Schallschwingungen in einer Secunde ungefähr durch 1038 Fuß fortpflanzen, so wird die Zeit, welche verfließt, wenn die durch die Stimme eines Sprechenden entstandenen Schallwellen gegen die Wand des Zimmers anstossen und wiederum zum Orte des Urschalles zurückkehren, so höchst unbedeutend seyn, daß dieser reflectirte Schall sich mit dem Urschalle verbindet und hierdurch eine Verstärkung des letztern bewirkt. Im Freyen er-

scheint die Stimme des Sprechenden schwächer, weil nichts vorhanden ist, was die entstandenen Schallwellen wiederum zurückleitet. Da weiche Körper die Fähigkeit nicht haben, die Luftwellen zu reflectiren, so sind sie auch nicht geschickt, die Stärke des Schalles zu erhöhen.

§. 158.

Das Echo.

1. Auf dieser Reflexion des Schalles von harten Körpern beruhen die interessanten Erscheinungen des Echo's. Die Erfahrung lehrt, daß zwey Töne, welche in dem neunten Theil einer Secunde nach einander entstehen, von einem geübten Ohre noch als zwey getrennte Töne vernommen werden. Folgen sie schneller auf einander, so fließen sie zusammen und bilden nur einen Ton. Soll daher der Ton, welchen man gegen eine reflectirende Ebene rufet, nicht blos zur Verstärkung des Urschalles dienen, sondern als vernehmliches Echo zurückkehren, so muß die Gesammtzeit, welche durch den Hin- und Hergang der Schallwellen verfließet, zum wenigsten $1/9$ der Secunde betragen. Diese Ebene muß also so entfernt vom Orte des Urschalles seyn, daß die Schallwellen in $1/18$ der Secunde die Ebene erreichen. Dann werden sie ebenfalls in $1/18$ Secunde zum Orte des Urschalles zurückkehren, und es wird durch diesen Hin- und Hergang $1/9$ der Secunde verfließen. Wenn man daher die Zahl 1038 durch 18 dividirt, so gibt der Quotient $57\,2/3$ Fuß für die

Entfernung einer zurückwerfenden Ebene, welche einen Ton (eine Sylbe z. B.) als Echo zurückgeben kann.

II. Für das zweytönige oder zweysylbige Echo wird die doppelte Entfernung, d. h. ungefähr 115 Fuß erforderlich seyn. Da die Hälfte von 1038 Fuß den Abstand von 519 Fuß gibt, und der Schall diesen Weg in einer halben Secunde zurücklegt, so wird eine ganze Secunde verfließen bis das Echo zum Orte des Urschalles zurückkömmt. Wenn man daher, mit geläufiger Zunge oder mit einem musicalischen Instrumente, z. B. mit der Flöte, in einer Secunde mehrere schnell hinter einander folgende Töne hervorbringt, so werden dieselben als Echo nach einander zurückkehren.

III. So gewiß es ist, daß die Erscheinung des Echo's auf der Reflexion der Schallwellen von harten Körpern beruht, so sind doch noch nicht alle Bedingungen bekannt, welche auf die Bildung dieses Phänomens Einfluß haben, oder nicht; besonders in Bezug auf die Deutlichkeit, womit das Echo die Worte zurückgibt. Daß der reflectirende Körper keine durchaus zusammenhängende Fläche zu seyn brauche, lehrt uns das im Walde entstehende Echo. Hier bilden die, an sich zwar getrennten Baumstämme die reflectirende Ebene, welche als zusammenhängend zu betrachten ist, da die kleine Entfernung der Baumstämme von einander bey der großen Geschwindigkeit des Schalles, für Nichts zu achten ist.

IV. Bisweilen entsteht auch ein mehrfaches Echo, d. h. ein solches, welches den Urschall mehrfach hinter einander, aber immer mit abnehmender Stärke, zurückgibt. Es muß eine Folge von mehrfacher Reflexion der Schallwellen seyn, welche von der ersten reflectirenden Ebene sowohl zum Orte des Urschalles zurückkehren, als auch gegen eine zweyte, entferntere Ebene stoßen, welche sie ebenfalls wieder zum Orte des Urschalles zurückleitet. Wenn man Kanonen oder andere Schießgewehre in bergigten Gegenden abbrennt, so zeigt sich dieses mehrfache Echo meistens sehr deutlich. Wahrscheinlich beruht auch der Wiederhall des Donners zum Theil auf dem mehrfachen Echo, welches durch die Gebirge der Erde veranlaßt wird.

V. Einige der merkwürdigsten Echo's führt Fischer in seinem physicalischen Wörterbuche, I. B. Seite 791 und 792 an. Caspar Barth spricht in den Noten zu der Theboide des Statius von einem Echo bey Coblenz am Ufer des Rheins, welches ein Wort 17mal wiederhole. Der Abt Gallois hat ein ähnliches Echo beschrieben, welches sich zu Rouen befindet und das Sonderbare zeigt, daß der Singende nicht das Echo, sondern nur seine Stimme, der Zuhörer aber nur das Echo, und sehr verändert vernimmt. Das Echo scheint bald nahe, bald ferne; bald deutlich, bald kaum hörbar; bald als eine Stimme, bald als mehrere; bald zur Rechten, bald zur Linken; nach Verschiedenheit des gewählten Standortes. Kircher und

Schott erzählen von dem Schlosse Simonetta, daß es von hohen parallelen Mauern umgeben sey, welche ein einsylbiges Wort aus einem gewissen Fenster gerufen, 40mal wiederhole. Bey Verdun wird ein Echo von zwey hohen Thürmen, welche 26 Toisen von einander abstehen, und durch ein Hauptgebäude getrennt sind, verursacht. In dem einen ist ein gewölbtes Gemach, in dem andern ein gewölbter Vorhof. Spricht man auf der geraden Linie zwischen beyden Thürmen ein lautes Wort, so wird dieses 12 bis 13mal wiederholt, jedoch immer schwächer. Entfernt man sich von der geraden Linie, so hat keine Wiederholung Statt.

§. 159.

Schallstrahlen und ihre Anwendung.

I. So wie man sich unter Lichtstrahlen die geradlinige Wirkung des Lichtes denkt, welche der leuchtende Punct, gleich Radien einer Kugel, um sich her verbreitet, so hat man auch den Begriff von Schallstrahlen in die Physik eingeführt. Man versteht darunter die geradlinige Wirkung der Schallwellen bey ihrer allmähligen Fortpflanzung von dem Orte des Urschalles. Da die Lichtstrahlen durch gerade Linien anschaulich gemacht werden, so lassen sich auch diese Schallstrahlen auf gleiche Weise sinnlich darstellen. Folgender Versuch wird dieses erläutern. Es seyen (Fig. 61.) ab und cd zwey parabolisch-gekrümmte, in paralleler Richtung gegen einander überstehende Hohlspiegel, m und n ihre Brenn-

puncte. Der Name Brennpunct ist aus der Optik entlehnt. Wenn man nämlich in m einen leuchtenden Punct setzt, so wird der Strahl m f nach f p, m h nach h r parallel zurückgeworfen, in p und r nach der Richtung p n und r n nochmals reflectirt und im Puncte n wieder vereinigt. Bringt man z. B. in m brennende Kohlen und in n ein empfindliches Thermometer, so wird dieses einen höhern Grad von Wärme andeuten. Was hier vom Wege der Lichtstrahlen gesagt wurde, gilt auch von der Bewegung des Schalles. Wenn ein Mensch, in m stehend, ganz leise gegen den Hohlspiegel a b spricht, indeß ein anderer, in bedeutender Entfernung von ihm, sich in n befindet, so wird er das Gesprochene mit Deutlichkeit vernehmen, da Andere, welche zwischen n m stehen, nichts hören.

II. Auf dieser Reflexion der Schallstrahlen beruht auch die Wirkung der sogenannten Sprachgewölbe, worin man, an einem bestimmten Orte stehend, Dasjenige deutlich hört, was an einem entfernten Orte ganz leise gesprochen wird, und wovon die dazwischen Stehenden nichts vernehmen. Der Grund davon liegt in einer elliptischen Wölbung der Decke. Denn die Ellipse hat die Eigenschaft, daß die, aus einem ihrer Brennpuncte ausgehenden Schallstrahlen in dem andern Brennpuncte ihre Wiedervereinigung finden. Die Sternwarte zu Paris, mehrere Kirchen, z. B. jene zu Girgenti in Sicilien, enthalten dergleichen Sprachgewölbe. Auch gehört hieher das sogenannte Ohr des Dionysius

d. h. jene in einen Felsen gehauene Grotte zu Syracus, welche so gestaltet war, daß alles, was darin gesprochen wurde, an einer bestimmten Oeffnung genau gehört werden konnte. Beckmann nennt in seinen Beyträgen zur Geschichte der Erfindungen, Band I, Seite 467 die Schriftsteller, welche von dieser Grotte handeln. Nach Derham ist die Kuppel der Paulskirche in London so gebaut, daß man den Schlag einer Taschenuhr von einem Ende zum andern hört, und daß das leiseste Gezisch gleichsam einen Umlauf um die ganze Kuppel macht.

§. 160.

Sprachrohr und Hörrohr.

I. Eine so interessante, als nützliche Erfindung ist das Sprachrohr, ein Werkzeug, welches dazu dient die menschliche Stimme weit über die gewöhnliche Grenze vernehmlich zu machen. Der Erfinder derselben ist Morland. Seine Gestalt ist (Fig. 62.) abc kegelförmig. Man versuchte es, mancherley Künsteleyen an ihm anzubringen; aber Lambert hat bewiesen, daß die einfache Gestalt des abgekürzten Kegels die zweckmäßigste sey. Wenn man in b mit starker Stimme hineinspricht, so wird der Schall im Innern mehrfach reflectirt und mit erhöhter Kraft nach paralleler Richtung mn und pq hervortreten. Das Instrument muß allerdings von einer contractilen Materie seyn, welche im Stande ist, den Schall zu reflectiren. Metalle eignen sich hiezu am Besten. Ist aber das Metallblech allzu

dünn, so wird der Ton der Stimme hierdurch gellend. Er verliert die articulirte Bildung und mit ihr auch die Deutlichkeit.

II. Das Hörrohr hat den Zweck, einen sehr schwachen Schall hörbar zu machen, oder bisweilen auch harthörigen Personen das Hören zu erleichtern. Eine zweckmäßige Gestalt für dieses Instrument ist die parabolische, wie abc (Fig. 63.) Das Röhrchen wird in die Oeffnung des Ohres gehalten. Die Schallwellen werden hierdurch mit größerer Stärke dem Gehöre zugeführt.

III. Ueber die Fortpflanzung des Schalles in geschlossenen Röhren hat Biot interessante Versuche angestellt. Man konnte zur Nachtszeit durch die 2928 Fuß lange Röhre von Gußeisen die leisesten Worte, welche an einem Ende in dieselbe gesprochen wurden, am andern Ende deutlich vernehmen. Die eingesperrte Luft ist hierbey wohl einer gespannten Saite zu vergleichen, welche die Vibrationen, die sich nun nicht nach Aussen zerstreuen können, beynahe ungeschwächt fortleitet.

IV. Noch gehört hierher das acustische Kunststück mit der sogenannten unsichtbaren Frau, welches in großen Städten vieles Aufsehen erregt hat. Das Geheimniß besteht in der Fortleitung eines leisen Schalles durch verdeckte Blechröhren, welchen man beliebige Richtungen geben kann.

V. Die Verstärkung des Tones der Blaseinstrumente z. B. der Flöte, des Fagotts, des Waldhorns, der Trompete, beruht ebenfalls auf der Mit-

wirkung der contractilen Materien, woraus diese ben verfertigt sind, und auf der hierdurch bewirkten Verstärkung der Luftschwingungen.

§. 161.

Das Ohr.

I. Nachdem der Einfluß der schallerregenden Körper auf die erste Veranlassung zur Entstehung des Schalles, sodann der Einfluß der Luft auf die Fortpflanzung der Schallwellen untersucht worden ist, so mag nun eine kurze Beschreibung des Organs, welchem wir eine so reichhaltige Quelle von Empfindungen verdanken, den Beschluß dieser Lehre machen. Diese Beschreibung wird hier nach Klügel's Encyclopädie, I Theil, Seite 560 u. f. mitgetheilt.

II. Das äussere Ohr ist ein muschelförmiger Knorpel mit verschiedenen Vertiefungen und Erhöhungen, um die Schallwellen desto besser aufzufangen und in den Gehörgang zu leiten. In diesem befinden sich viele kleine Drüsen, welche eine bittere, fette Materie absöndern, wodurch der Gehörgang geschmeidig erhalten, auch kleinen Insecten der Eingang verwehrt wird. Der äussere, anfangs knorpelige Gehörgang erstreckt sich in das Felsenbein, einen untern Theil des Schlafknochens, hinein und endigt sich hier an der Trommelhöhle oder der Pauke, von welcher derselbe durch die schräg abwärts gespannte Trommelhaut abgesondert wird. In dieser Höhle befinden sich die vier sehr

zarten Gehörknöchelchen, nämlich der Hammer, welcher vermittelst seines Griffs mit der Trommelhaut zusammenhängt; ferner der (einem Backenzahn ähnliche) Ambos, dessen dicker Theil mit dem Kopfe des Hammers durch ein Gelenk verbunden ist, und der Steigbügel, dessen Spitze oder Wölbung sich mit dem längern herabsteigenden Schenkel des Amboses vermittelst des plattrunden Knöpfchens verbindet. Diese Knöchelchen werden durch eine schleimige Feuchtigkeit geschmeidig erhalten.

III. Aus der Trommelhöhle geht ein trompetenförmiger Gang, die Eustachische Röhre, nach der Nasenhöhle hinten am Schlunde, vermuthlich um immer frische Luft zuzuführen, welche der äussern an Federkraft gleich ist. Einige Muskeln regieren den Hammer, und können dadurch mittelbar die Trommelhaut spannen oder nachlassen. Auch der Steigbügel kann durch eine Muskel um das eine Ende seiner halbeyförmigen Grundfläche ein wenig gedreht werden.

IV. Auf die Trommelhöhle, schräg vor derselben, folgt tiefer in dem Felsenbeine eine längliche verschlossene Höhle, der Labyrinth. Dieser enthält in der Mitte den Vorhof, einen rundlichen Raum, kleiner als die Trommelhöhle; nach hinten drey halb kreisförmige knöcherne Röhren, welche mit den membranösen innwendig bekleidet sind, und mit fünf Mündungen (zwey laufen in eine zusammen) sich in den Vorhof öff-

nen; nach vornen die Schnecke, eine allmählig sich verengende Röhre, die zum Theil um eine Säule oder Spindel kegelförmig mit dritthalb Umgängen gewunden und durch eine halbknöcherne, halb häutige Scheidewand der Länge nach in zwey Gänge oder Stiegen, die obere und die untere getheilt ist. Die obere öffnet sich in den Vorhof, die untere gegen die Trommelhöhle, nur daß die Mündung mit einer feinen Haut verschlossen ist. Diese Mündung heißt das runde (rundlich-dreyeckige) Fenster. Eine andere Oeffnung in der Wand zwischen dem Vorhofe und der Trommelhöhle, das eyrunde (halb eyrunde) Fenster, wird von der Grundfläche des Steigbügels, vermittelst eines Häutchens am Rande völlig verschlossen. Der ganze Labyrinth ist mit einem feinen Wasser angefüllt, welches von den zarten Arterien der Beinhaut dieses Theils ausgehaucht und durch zwey dünne, trichterförmige Kanäle abgeführt wird.

V. Zu dem Labyrinthe führt von der Schedelhöhle her der innere Gehörgang. In diesen tritt sowohl der harte als der weiche Gehörnerve, geht von da mit verschiedenen Zweigen in die Schnecke und in den Vorhof, breitet sich in dem letztern in eine breyartige Haut aus, welche sich in die bogenförmigen Röhren fortsetzt, und diese inwendig bekleidet. Auch begibt er sich in eine Verdoppelung der Beinhaut des Labyrinths, welche als eine Scheidewand den Vorhof in zwey Theile theilt. Durch den Kanal der Spindel von der Schnecke geht

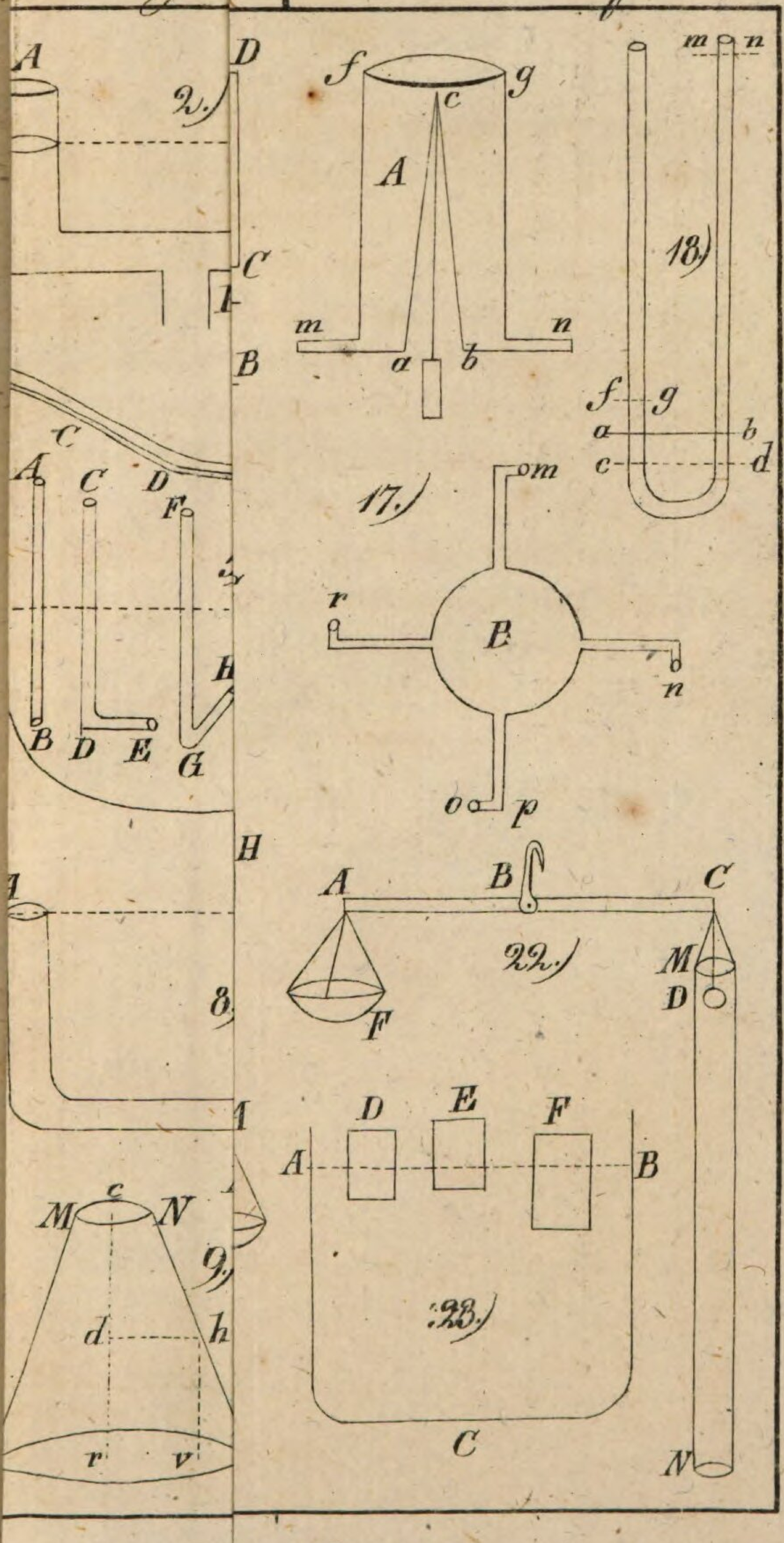
ein einzelner Nervenfaden bis zur Spitze; ihre Hauptnerven erhält die Schnecke aus einer löcherigen Spiralmündung am Boden derselben, rings um den Anfang des Kanals der Spindel. Aus den feinen Körpern an dem Umfange der Spindel treten die zarten Nervenfädchen hervor begeben sich zwischen die Knochenplättchen der spiralförmigen Scheidewand, und erstrecken sich bis in den häutigen Rand derselben.

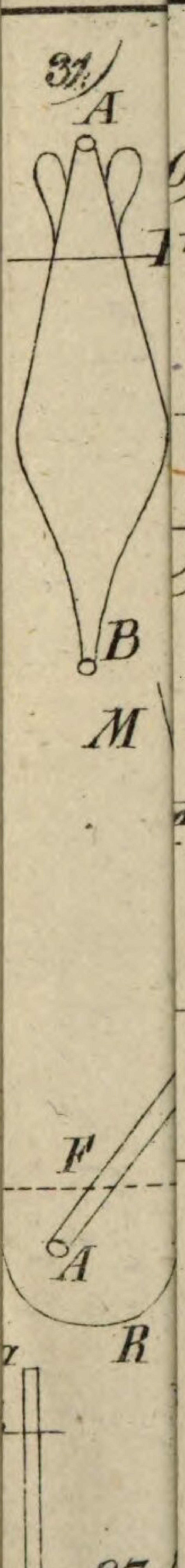
VI. Der Schall wird durch eine zitternde, schwingende Bewegung der Lufttheilchen erregt. Die Luftwellen werden von der Ohrmuschel aufgefangen und in den Gehörgang verstärkt geleitet. Hier setzen sie die Trommelhaut in eine zitternde Bewegung, die sich dem Gehörknöchelchen mittheilt. Der Steigbügel, welcher sich um das eine Ende seiner Grundfläche, wie um ein Gewinde bewegt, erschüttert das Wasser des Labyrinths, etwa wie der Hammer einer Glocke diese erschüttert. Die ausgespannte nervige Scheidewand des Vorhofes geräth in Schwingungen, wodurch das Wasser in den bogenförmigen Kanälen auf ähnliche Art bewegt wird. Auch pflanzt sich die Erschütterung in das Wasser der obern Stiege fort, und, wegen der Gemeinschaft beyder Stiegen in der Spitze der Schnecke, auch in das Wasser der untern Stiege bis zu dem Häutchen des runden Fensters. Da dieses nachgiebig ist, so begreift man, wie das Wasser des Labyrinths eine gewisse zur Erschütterung nöthige Beweglichkeit, gleich einer Glocke haben könne. Das Häutchen

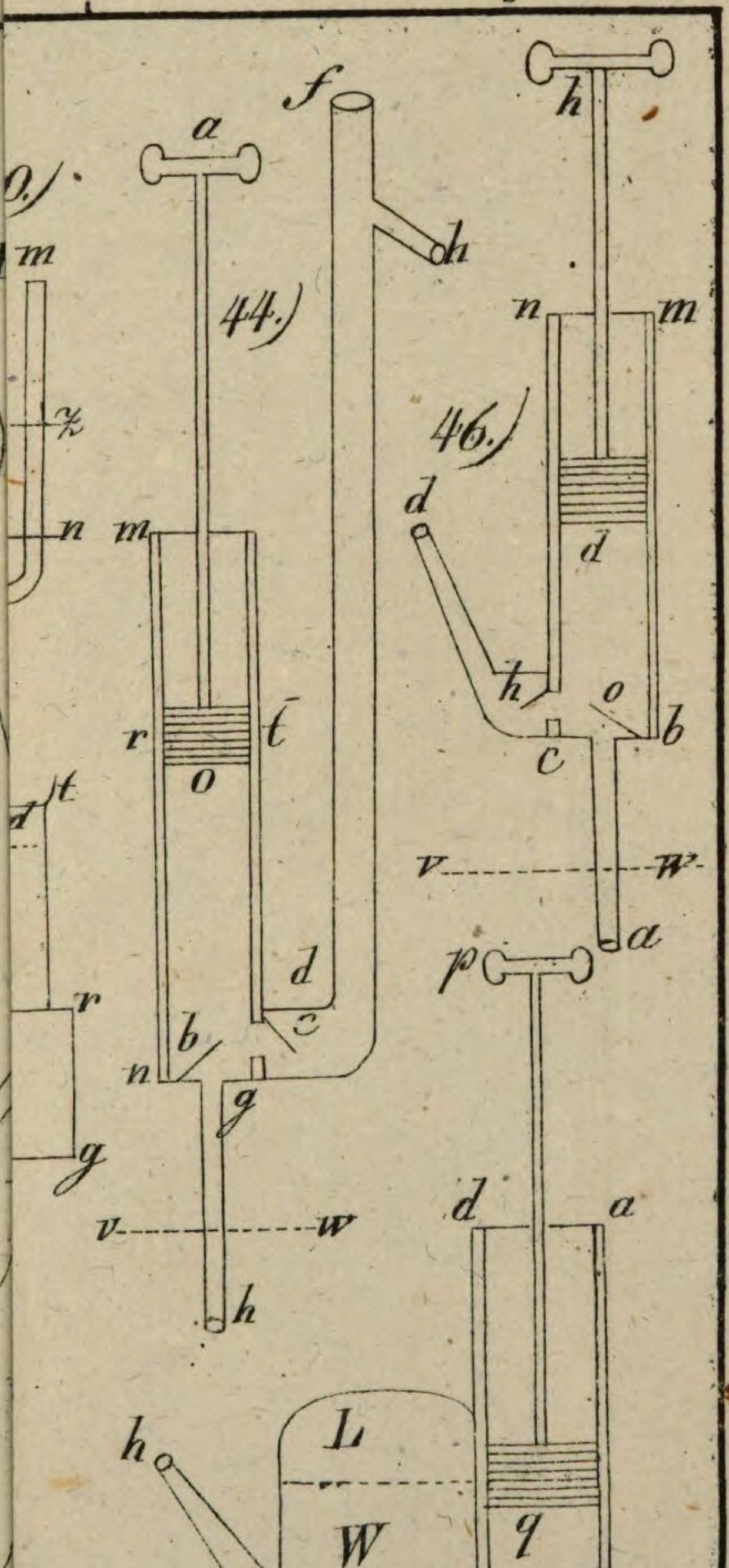
gibt die Erschütterung des Wassers in der Schnecke zurück, wodurch die Wirkung vermehrt wird. Vielleicht ist auch die Erschütterung der Luft in der Trommelhaut hierbey mitwirksam, obwohl die Trommelhöhle viel Schleim enthält und die Bewegung der Luft sich durch den Eustachischen Gang verliert. Das in eine zitternde Bewegung gesetzte Wasser wirkt auf die in dem Labyrinthe verbreiteten Nerven, welche den Eindruck zum Gehirne fortpflanzen, wo derselbe sodann auf eine für uns unerklärliche Weise vernommen wird.

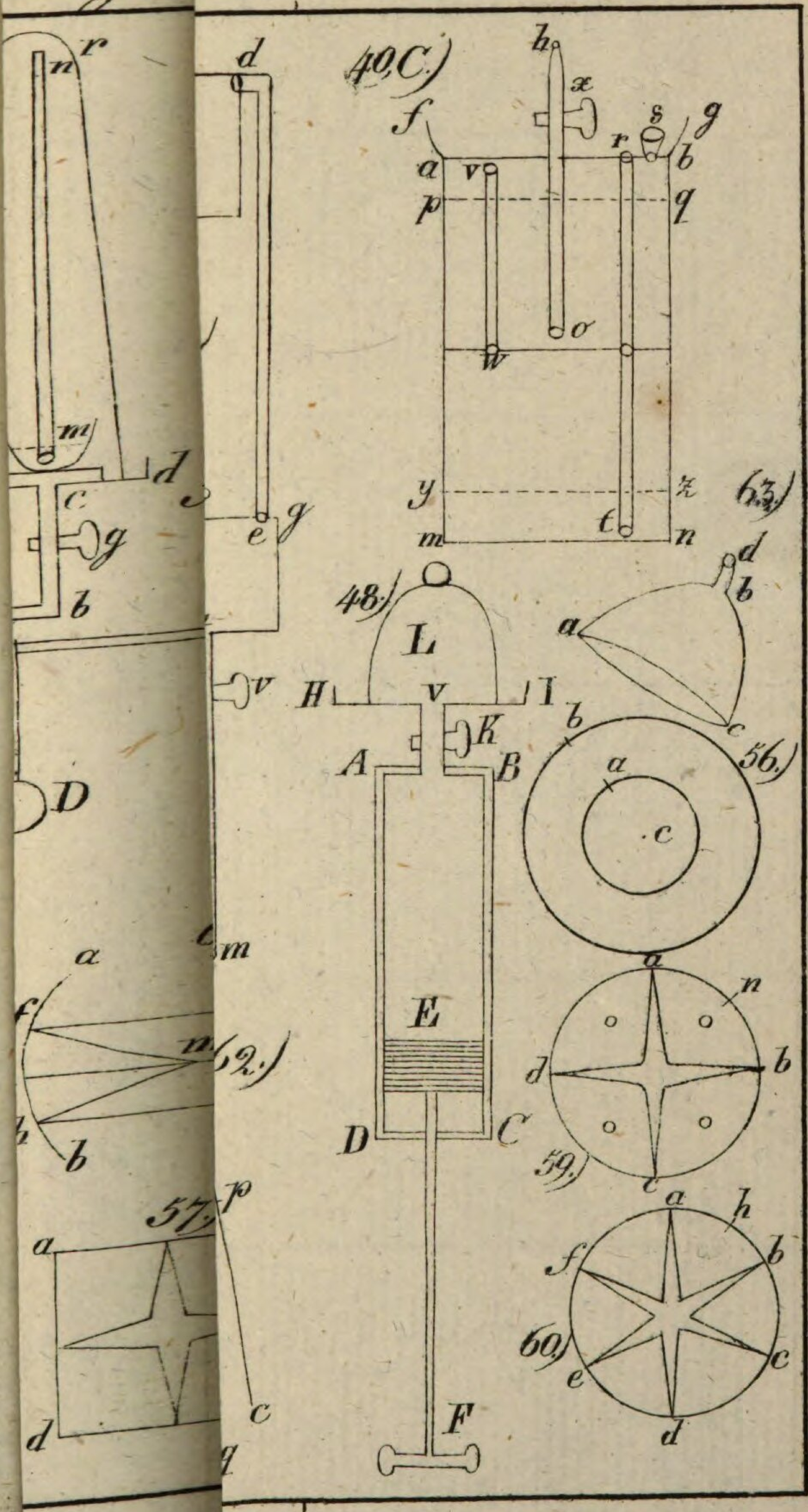
Mainz,
gedruckt bey Florian Kupferberg.

...nen Physik Tafel I.




31.)
37.)


44.)
46.)
47.)


40,C)
48.)
63.)
56.)
59.)
60.)
62.)
57.)

Bayerische StaatsBibliothek
Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Hoffmann, Johann Josef Ignaz <<von>>,

Lehrbuch der allgemeinen Physik Zu öffentlichen Vorlesungen und zum Selbstunterricht f. Anfänger entworfen

Mainz 1821

Phys.g. 174 c
urn:nbn:de:bvb:12-bsb10131218-2